



Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für mobile  
Maschinen und Nutzfahrzeuge



# Energieeffizienz der Landtechnik

## - Potenziale zur CO<sub>2</sub> Reduktion -

Herzlich willkommen!

Symposium am 12. und 13. März 2013 in Braunschweig

# Programmflyer – Seite 1



Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für mobile  
Maschinen und Nutzfahrzeuge **WW**

## Veranstalter

Veranstalter sind das Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge (IMN) der Technischen Universität Braunschweig sowie der Freundes- und Förderkreis des Instituts.

Unterstützt wird die Veranstaltung durch die Zentralstelle für Weiterbildung der Technischen Universität Braunschweig.

## Teilnehmergebühr und Anmeldung

Die Teilnehmergebühr beträgt 150,- €. Sie beinhaltet Pausengetränke, Abendveranstaltung und Mittagsimbiss. Für die ausschließliche Teilnahme an der Abendveranstaltung werden 50,- € berechnet.

Studierende können nach Anmeldung kostenlos teilnehmen (ohne Abendveranstaltung).

Melden Sie sich bitte rechtzeitig online über die Homepage des Instituts für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge an: [www.tu-braunschweig.de/imn/edl](http://www.tu-braunschweig.de/imn/edl)

Die Veranstaltung wird von der Firma **CLAAS** anlässlich ihres 100-jährigen Bestehens finanziell unterstützt.

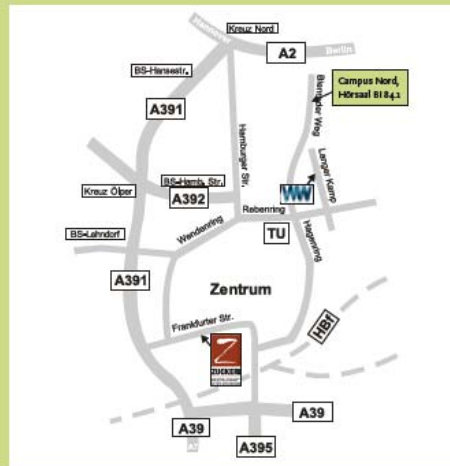
## Hotel-Informationen

Ein Verzeichnis von Unterkünften mit Sonderkonditionen der TU Braunschweig finden Sie auch unter: [www.tu-braunschweig.de/imn/edl](http://www.tu-braunschweig.de/imn/edl)

## Veranstaltungsorte

ZUCKER – Restaurant  
in der Raffinerie  
Frankfurter Str. 2  
38122 Braunschweig

TU Braunschweig  
Campus Nord, Hörsaal BI 84.1  
Bienroder Weg 84  
38106 Braunschweig



Technische Universität Braunschweig  
Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge  
Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig  
Telefon +49 531 391-2670  
Telefax +49 531 391-5951  
[imn@tu-braunschweig.de](mailto:imn@tu-braunschweig.de)  
[www.tu-braunschweig.de/imn](http://www.tu-braunschweig.de/imn)

## Energieeffizienz der Landtechnik

Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Reduktion



Einladung zum Symposium des  
Instituts für mobile Maschinen und  
Nutzfahrzeuge in Braunschweig

12./13. März 2013



Technische  
Universität  
Braunschweig

Ludger Frerichs | 13. März 2013 | Seite 2

Institut für mobile  
Maschinen und Nutzfahrzeuge **WW**



# Programmflyer – Seite 2

Energieeffizienz der Landtechnik – Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Reduktion  
12./13. März 2013

## Vorwort

Die Diskussion um den globalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist in aller Munde. Der offensichtliche Zusammenhang von CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Energieverbrauch und Kostenaufwand macht die ökonomischen und ökologischen Dimensionen der Themenstellung deutlich. Nimmt man noch die komplexen und globalen sozialen Auswirkungen hinzu, spannt sich das bekannte Nachhaltigkeitsdreieck als Aufgabenfeld der Zukunft auf.

Welche Rolle kommt der Landtechnik in dieser Aufgabenstellung zu? Was ist ihr Anteil und wo steht sie eigentlich? Und nicht zuletzt, was kann getan und wie können die Erfolge nachgewiesen werden? Das sind Fragen, die im Rahmen des Symposiums – soweit schon möglich – beantwortet werden sollen. Darüber hinaus sollen erforderliche Maßnahmen identifiziert werden, um ausstehende Antworten zu finden.

Beiträge aus der Landwirtschaft und vor allem der Landtechnik waren zu diesem Themenkomplex bislang eher nur einzeln auf unterschiedlichen Tagungen zu hören. Es scheint an der Zeit, den aktuellen Stand einmal zusammenzuführen. Mit dem Fokus des Tagungstitels soll das auf dem Braunschweiger Symposium geschehen.

Die Darstellung auf der ersten Seite dieses Einladungsflyers mag zum Schmunzeln anregen. Diese visualisiert das bekannte Sprichwort „Zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen“. Das Bild ist als Motivation zum Handeln zu verstehen. Denn ein verringerter CO<sub>2</sub>-Ausstoß hat neben dem ökologischen Effekt, vor allem im Sinne des nachhaltigen Handelns, auch einen positiven finanziellen Effekt. Das sollte weiterhin Anlass sein, mutig die Potenziale der CO<sub>2</sub>-Reduzierung zu heben und die nächsten Schritte zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landtechnik anzugehen.

Prof. Dr. Ludger Frerichs

© Stil und Class

## Programm

Dienstag, 12.03.2013

Ort: ZUCKER – Restaurant in der Raffinerie

### 18:00 Abendveranstaltung

Festredner: Prof. Dr. Dr. Franz Josef Radermacher;  
Universität Ulm, Mitglied des Club of Rome  
„Energie- und Ressourcenbedarf unserer globalen  
Gesellschaft – Wo stehen wir 2050?“  
anschließend Abendessen

Mittwoch, 13.03.2013

Ort: Campus Nord

### 09:00 Das Thema: Energieeffizienz der Landtechnik

Prof. Dr. Ludger Frerichs, TU Braunschweig, Institut für  
mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

### 09:30 Carbon Footprint der Landwirtschaft

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, TU München,  
Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für  
Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme

### 10:00 Was ist der Beitrag der Landtechnik zur Energie- und Ressourceneffizienz?

Prof. Dr. agr. habil. Reiner Brunsch, Leibniz-Institut für  
Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

### 10:30 Kaffeepause

### 11:00 Prozess / Maschine / Verfahren – Zur ganzheitlichen Bewertung von Landmaschinen

Prof. Dr. Ludger Frerichs, Dipl.-Ing. Jens Schröter,  
TU Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und  
Nutzfahrzeuge

### 11:30 IT und Automatisierung verringern den Energie- verbrauch der Landtechnik

Dipl.-Ing. August Altherr, John Deere European  
Technology Innovation Center, Kaiserslautern

### 12:00 Mit innovativen Maschinenkonzepten zu verbrauchseffizienten Lösungen

Dr. Justus Dreyer, AMAZONEN-Werke, Hasbergen

### 12:30 Mittagsimbiss

### 13:30 Intelligente landwirtschaftliche Betriebsführung

Prof. Dr. Hermann Auernhammer, Freising

### 14:00 Einflussfaktor Mensch – Ausbildung für den effizienten Maschineneinsatz

Prof. Dr. Thomas Rademacher, Fachhochschule  
Bingen

### 14:30 CO<sub>2</sub>- und energieeffiziente Landtechnik - Konflikt oder Lösungsbeitrag zur Erreichung der EU-Ziele?

Dr. Eberhard Nacke, Produktstrategie, CLAAS KGaA,  
Harsewinkel

### 15:00 Abschlussdiskussion/Schlussworte

Prof. Dr. Ludger Frerichs

### 15:30 Coffee to go

### 16:00 Ende des Symposiums

## Programmausschuss

Prof. Dr. Reiner Brunsch,  
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

Prof. Dr. Ludger Frerichs,  
TU Braunschweig, IMN

Dr. Eberhard Nacke,  
Fa. CLAAS KGaA, Harsewinkel

Dr. h.c. Norbert Rauch,  
Fa. RAUCH Landmaschinen GmbH, Sinzheim

# Beteiligte

## Programmausschuss

Reiner Brunsch – Institut für Agrartechnik, Potsdam-Bornim

Ludger Frerichs – Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Braunschweig

Eberhard Nacke – CLAAS, Harsewinkel

Norbert Rauch – Rauch Landmaschinen, Sinzheim

## Symposiumsleiter

Ludger Frerichs, TU Braunschweig

## Bearbeiter

Dennis Jünemann, TU Braunschweig

Jens Schröter, TU Braunschweig

Lars Thielke, TU Braunschweig



# Mittwoch, 13. März 2015

Ort: TU Braunschweig – Campus Nord

<b>Das Thema: Energieeffizienz der Landtechnik .....</b>	<b>7</b>
<i>Prof. Ludger Frerichs (TU Braunschweig)</i>	
<b>Carbon Footprint der Landwirtschaft .....</b>	<b>30</b>
<i>Prof. Kurt-Jürgen Hülsbergen (TU München)</i>	
<b>Was ist der Beitrag der Landtechnik zur Energie- und Ressourceneffizienz? .....</b>	<b>65</b>
<i>Prof. Reiner Brunsch (ATB Potsdam)</i>	
<b>Prozess / Maschine / Verfahren – Zur ganzheitlichen Bewertung von Landmaschinen .....</b>	<b>97</b>
<i>Prof. Ludger Frerichs, Dipl.-Ing. Jens Schröter (TU Braunschweig)</i>	
<b>IT und Automatisierung verringern den Energieverbrauch der Landtechnik .....</b>	<b>125</b>
<i>Dipl.-Ing. August Altherr (John Deere)</i>	
<b>Mit innovativen Maschinenkonzepten zu verbrauchseffizienten Lösungen .....</b>	<b>151</b>
<i>Dr. Justus Dreyer (AMAZONEN-Werke)</i>	
<b>Intelligente landwirtschaftliche Betriebsführung .....</b>	<b>176</b>
<i>Prof. Hermann Auernhammer (Freising)</i>	
<b>Einflussfaktor Mensch – Ausbildung für den effizienten Maschineneinsatz .....</b>	<b>209</b>
<i>Prof. Thomas Rademacher (FH Bingen)</i>	
<b>CO<sub>2</sub>- und energieeffiziente Landtechnik – Konflikt oder Lösungsbeitrag zur Erreichung der EU-Ziele? .....</b>	<b>216</b>
<i>Dr. Eberhard Nacke (CLAAS KGaA mbH)</i>	







Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für mobile  
Maschinen und Nutzfahrzeuge



# Energieeffizienz der Landtechnik

## - Potenziale zur CO<sub>2</sub> Reduktion -

Herzlich willkommen!

Symposium am 12. und 13. März 2013 in Braunschweig

# Abendveranstaltung

## Energieeffizienz der Landtechnik Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Reduktion

Sven Plöger



Gastredner:  
Diplom-Meteorologe  
**Sven Plöger**



Symposium am 12. und 13. März 2013 in Braunschweig



# Technische Universität Braunschweig

**6** Fakultäten

**65** Studiengänge

**120** Institute

**1.900** Wissenschaftler

**3.600** Erstsemester

563 BA Fakultät Maschinenbau

224 BA Fakultät Elektro/Informatik/Physik

**16.300** Studierende

4444 Fakultät Maschinenbau

1530 Fakultät Elektro/Informatik/Physik



# Forschungsregion Braunschweig

## 4 Hochschulen

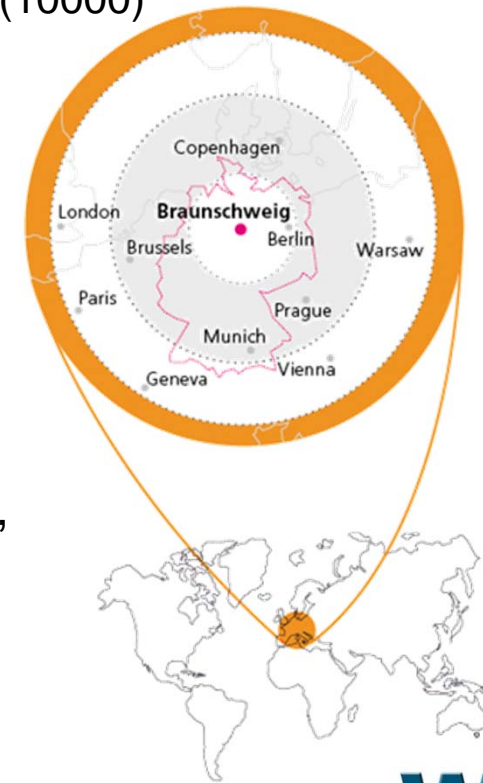
- TU Braunschweig (16300 Studierende)
- Niedersächsische Technische Hochschule (42500)
- Hochschule für Bildende Künste Braunschweig (1200)
- Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften (10000)

## 10 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Fraunhofer

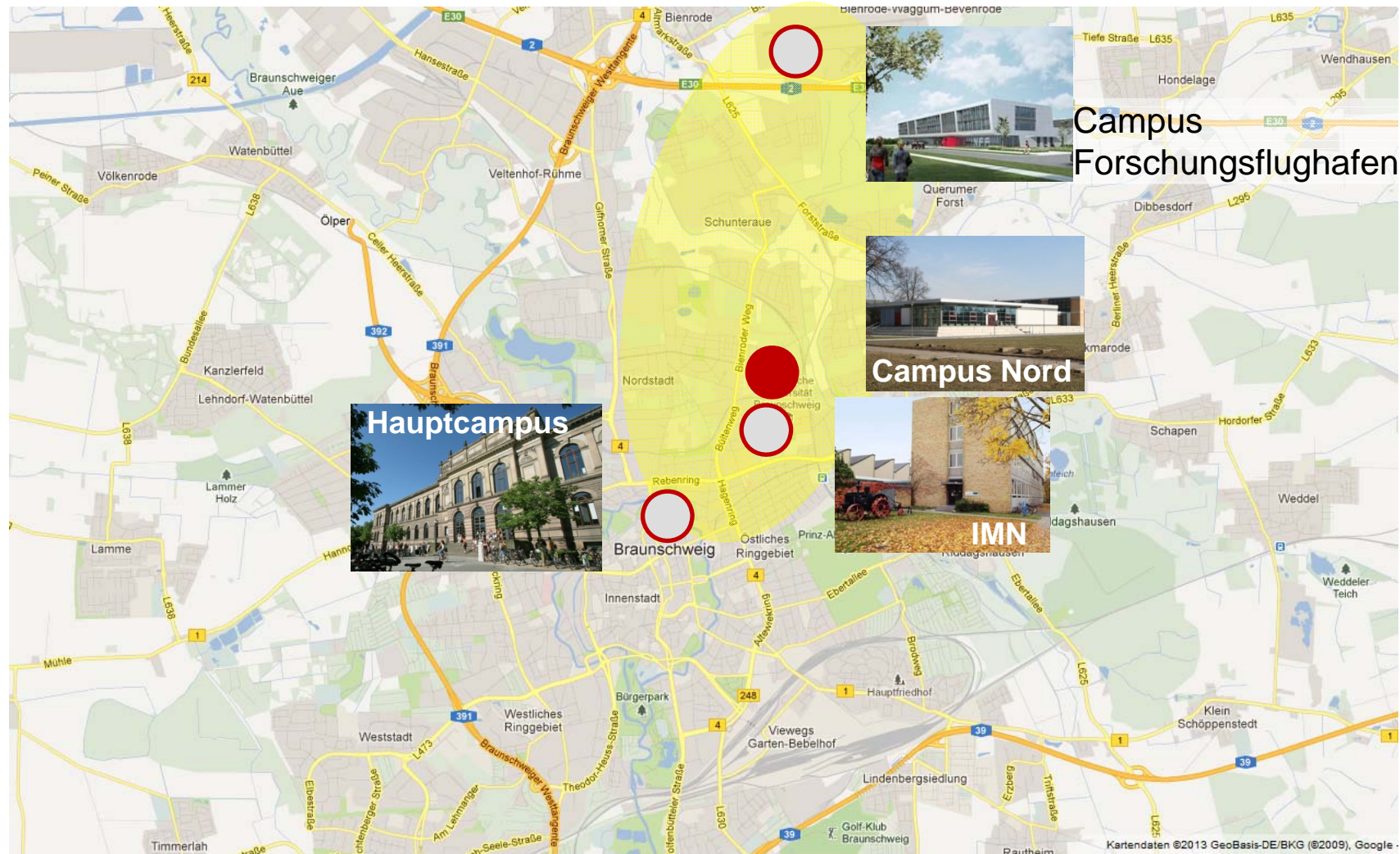
## Über 50 forschende Unternehmen

u.a. Volkswagen AG, Siemens Transportation Systems, Salzgitter AG





# Technische Universität Braunschweig – Wo sind wir?



*Siehst schlecht  
aus!*

*Hab‘  
Homosapiens*



www.pumix.de

# Das Symposium: Energieeffizienz der Landtechnik

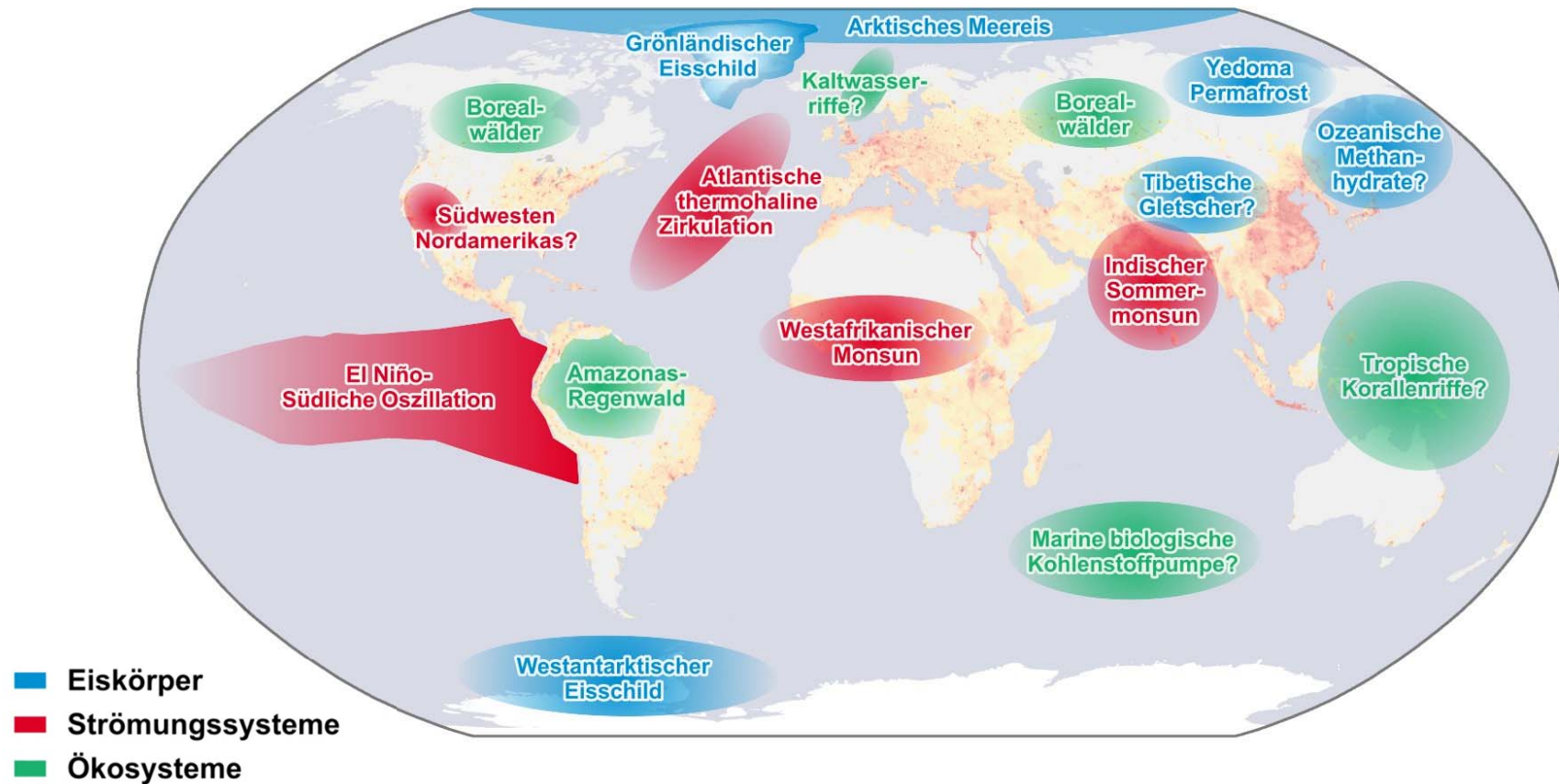
## Motivation

- Nachhaltige Nahrungsmittelproduktion
- CO<sub>2</sub>-Emission und Erwärmung
- Wirtschaftliche Verfahren
- Mitgestalten von Regeln und Vorgaben





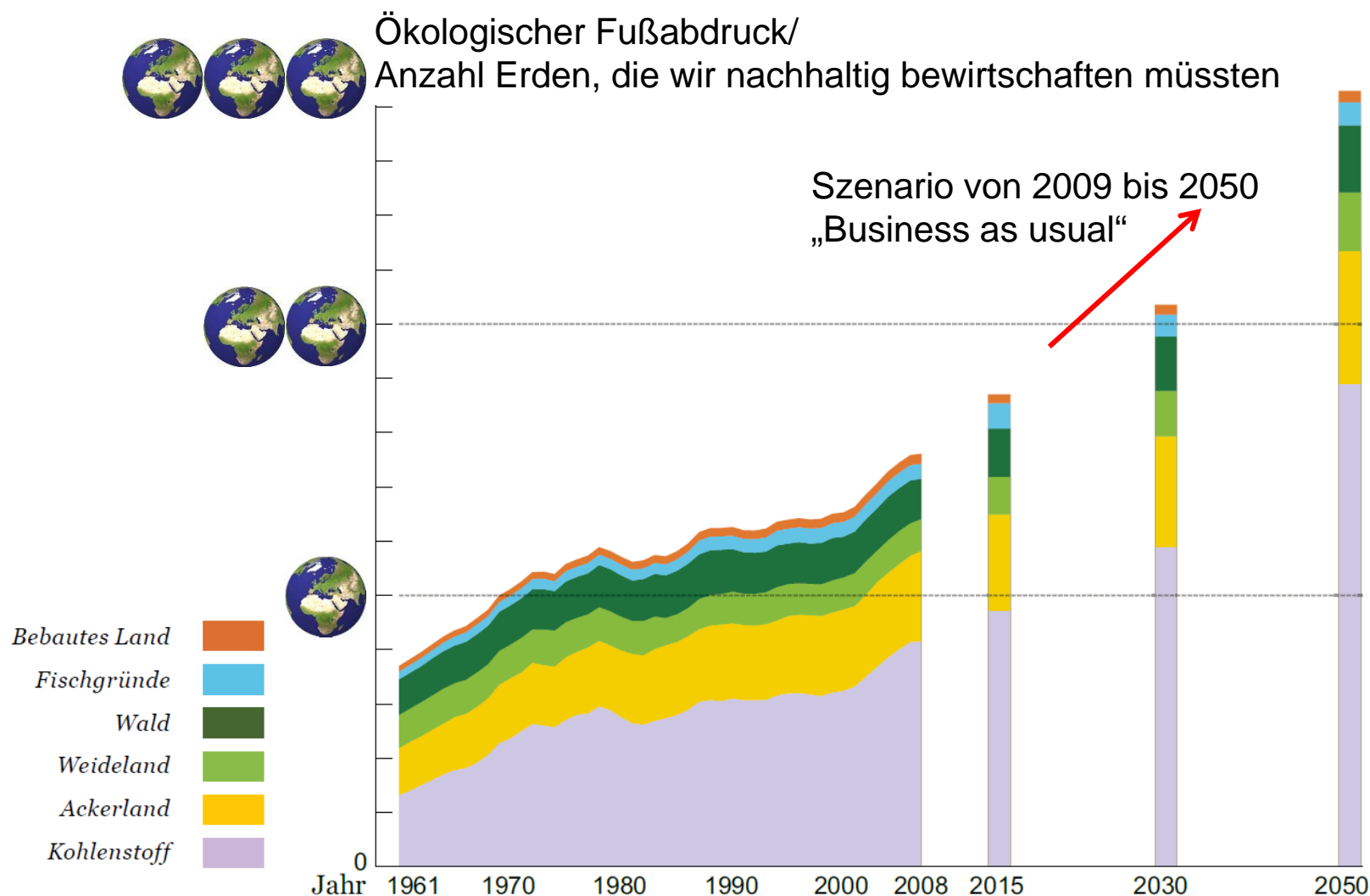
# Unsere Achillesfersen im globalen Klimawandel



**Der Klimawandel hat direkten Einfluss auf  
Landwirtschaft und Ernährung**

[PIK 2013]

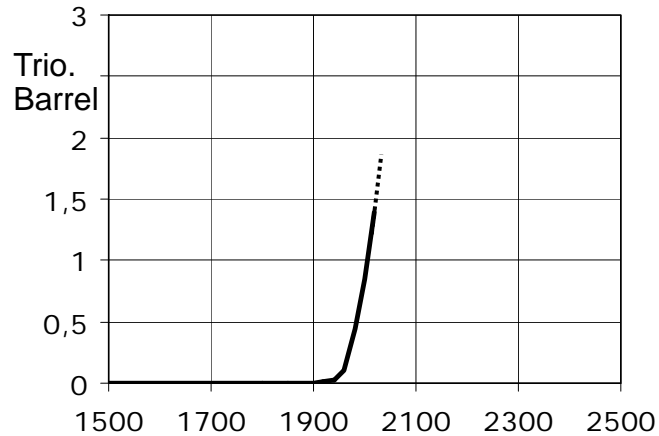
# Wie viele Erden bewirtschaften wir eigentlich?



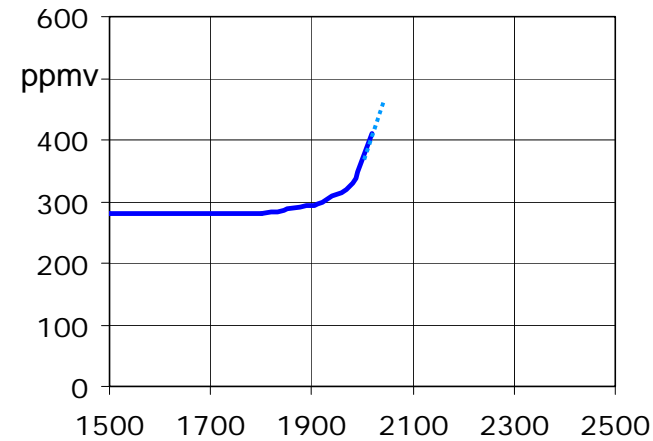
[WWF 2012]

# Unsere Generation kennt nur Wachstum!

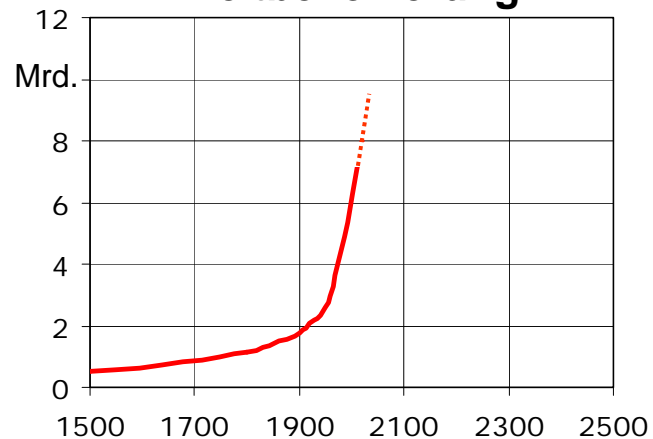
**Erdölproduktion**



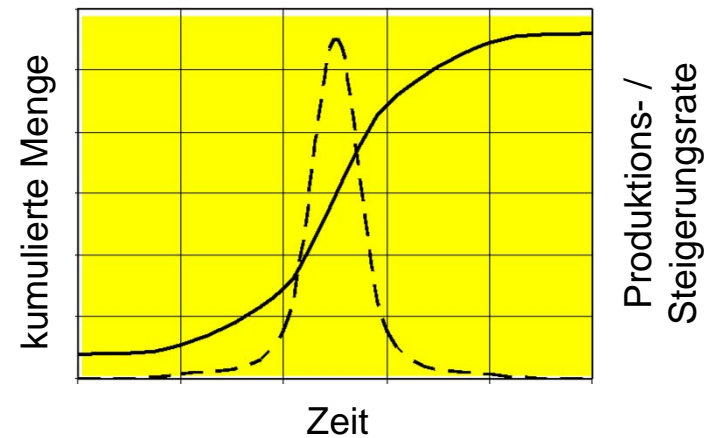
**CO<sub>2</sub> - Konzentration**



**Weltbevölkerung**



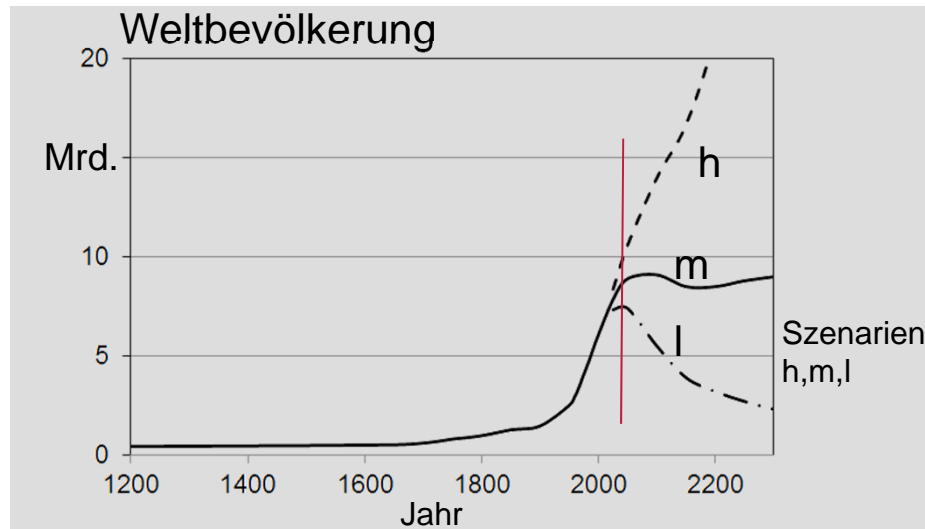
**Wachstum mit verbrauchender Ressource:  
Logistische Funktion**



[Daten IEA, UN]



# Die Aussichten für das Jahr 2050



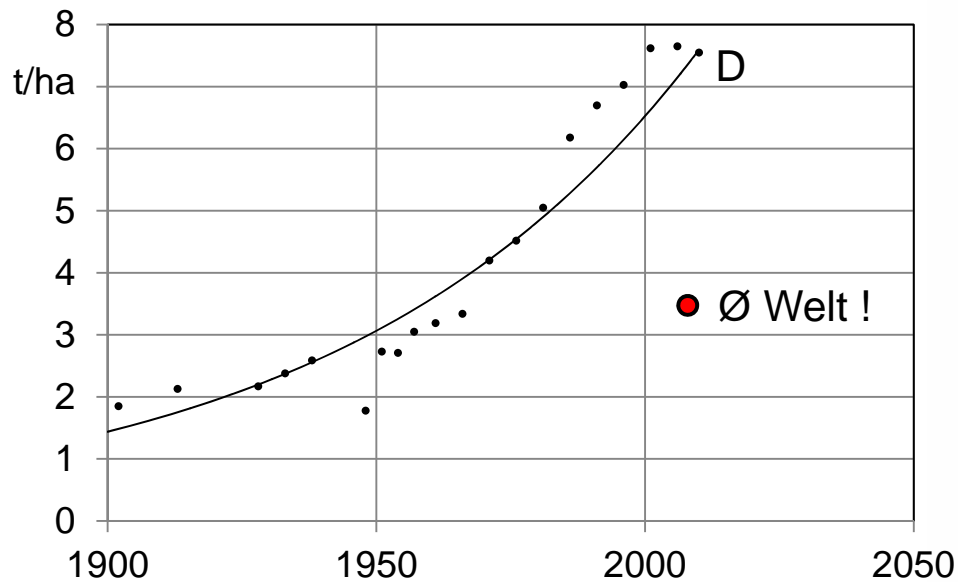
## Erwartungen für 2050 im Vergleich zu heute

Weltbevölkerung (7,1 Mrd.)	+30	%
Menschen mit ausreichend Wasser versorgt (92 %)	58	%
Nachfrage nach Agrarprodukten davon Nahrungs- und Futtermittel	+100 70	% %
Energiebedarf	+100	%
Landwirtschaftliche Nutzfläche je Mensch	-20	%
Erderwärmung	+1,5	°C

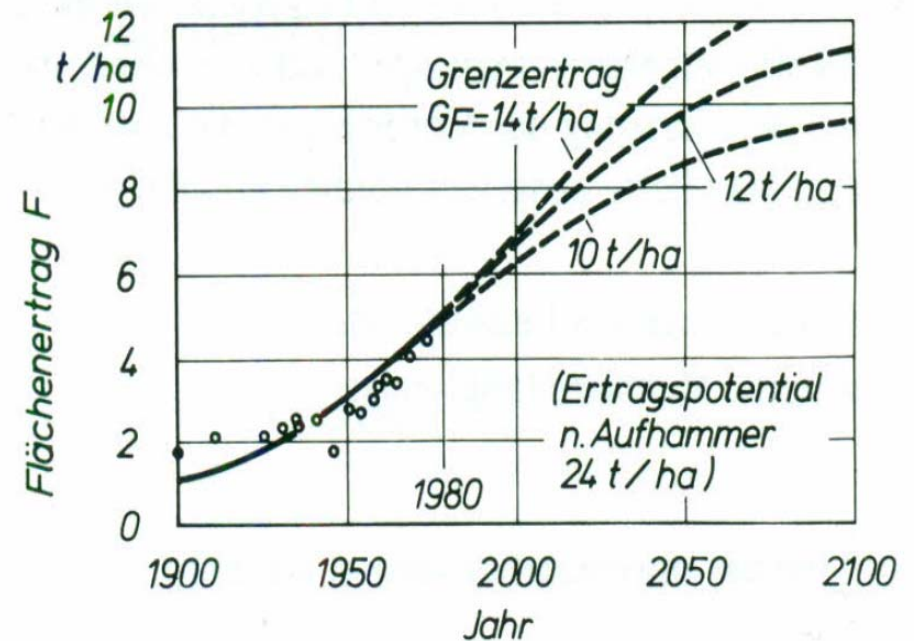
[Daten UN, FAO, DLG, IPCC]

# Ertragssteigerung der Getreideproduktion – Weizen in D

Ertragsdurchschnitt



Entwicklung der Weizenerträge in Deutschland

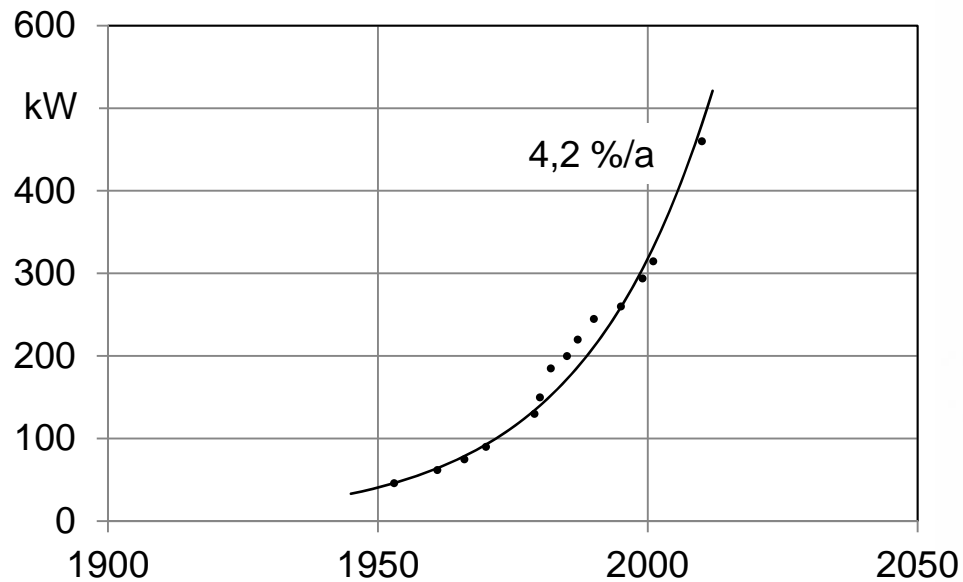


Entwicklung und Prognosen 1981

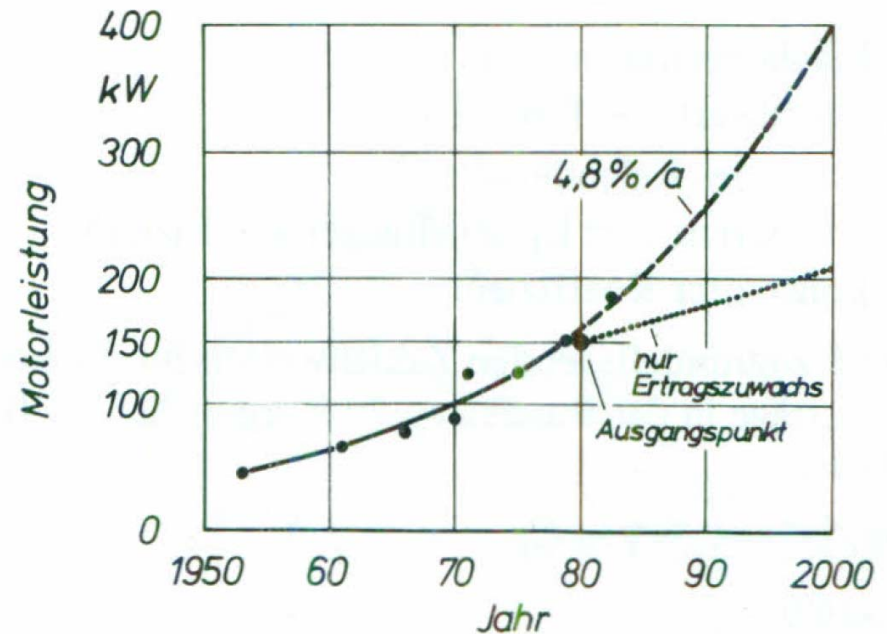
[Daten Statistisches Bundesamt, Busse 81]

# Leistungssteigerung der Landtechnik – Bsp. Mähdrescher

Max. Motorleistung



Entwicklung der jeweils maximalen Motorleistung von Mähdreschern

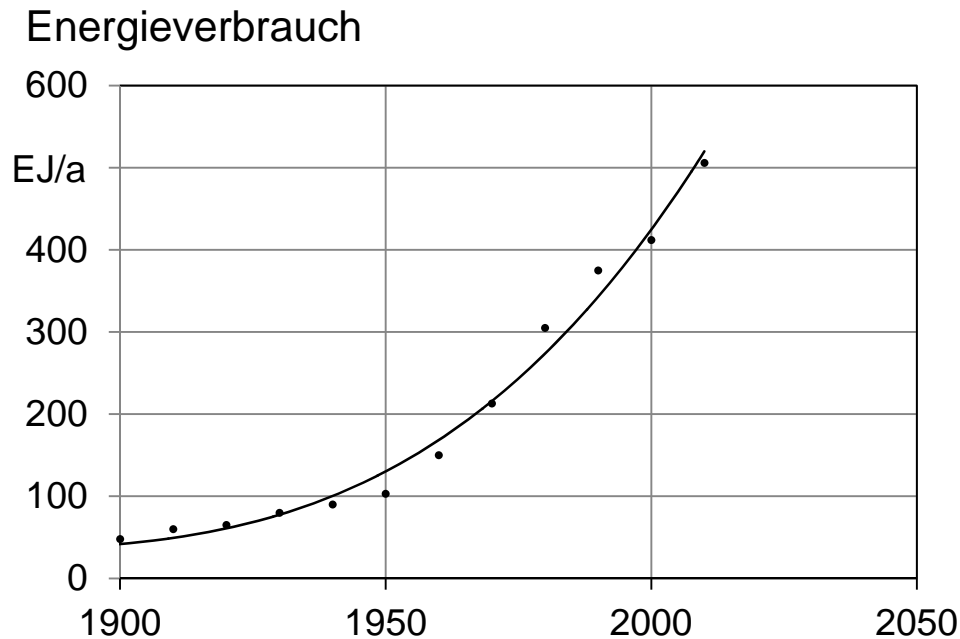


Entwicklung und Prognosen 1981

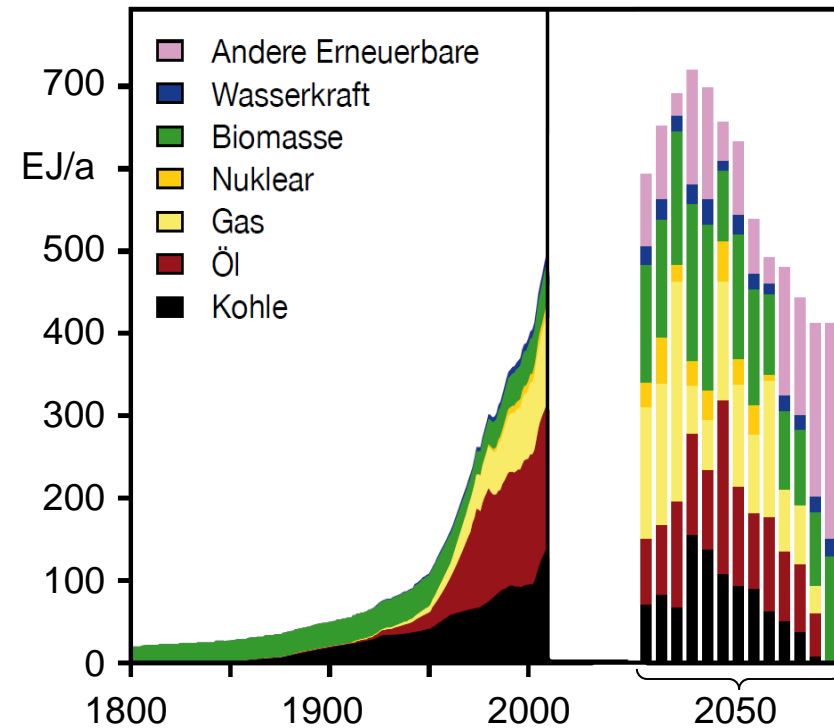
[Claas, Busse 81]



# Anstieg des globalen Energieverbrauchs



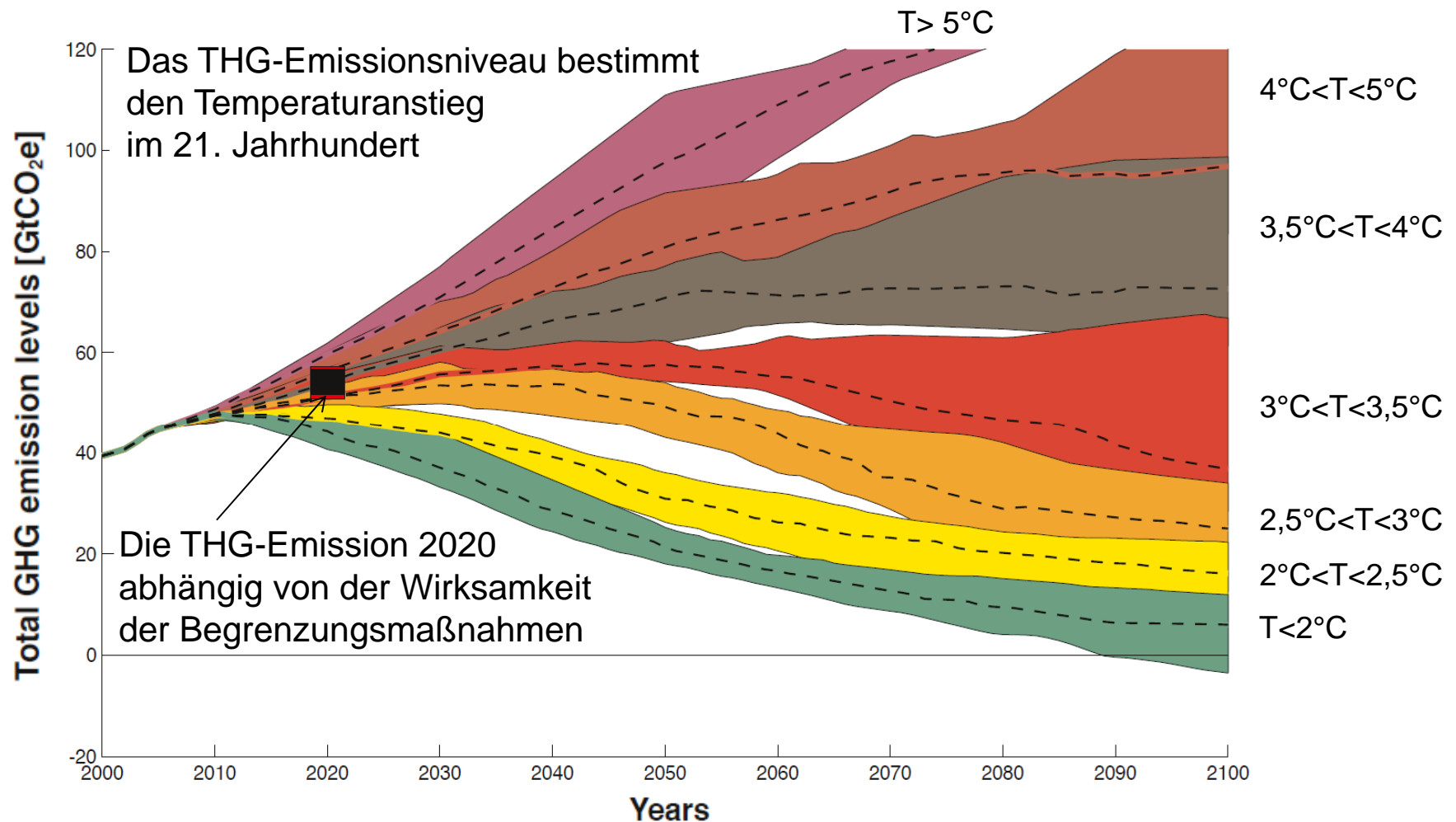
Entwicklung des globalen Energieverbrauchs



Entwicklung und alternative Szenarien für das Jahr 2050

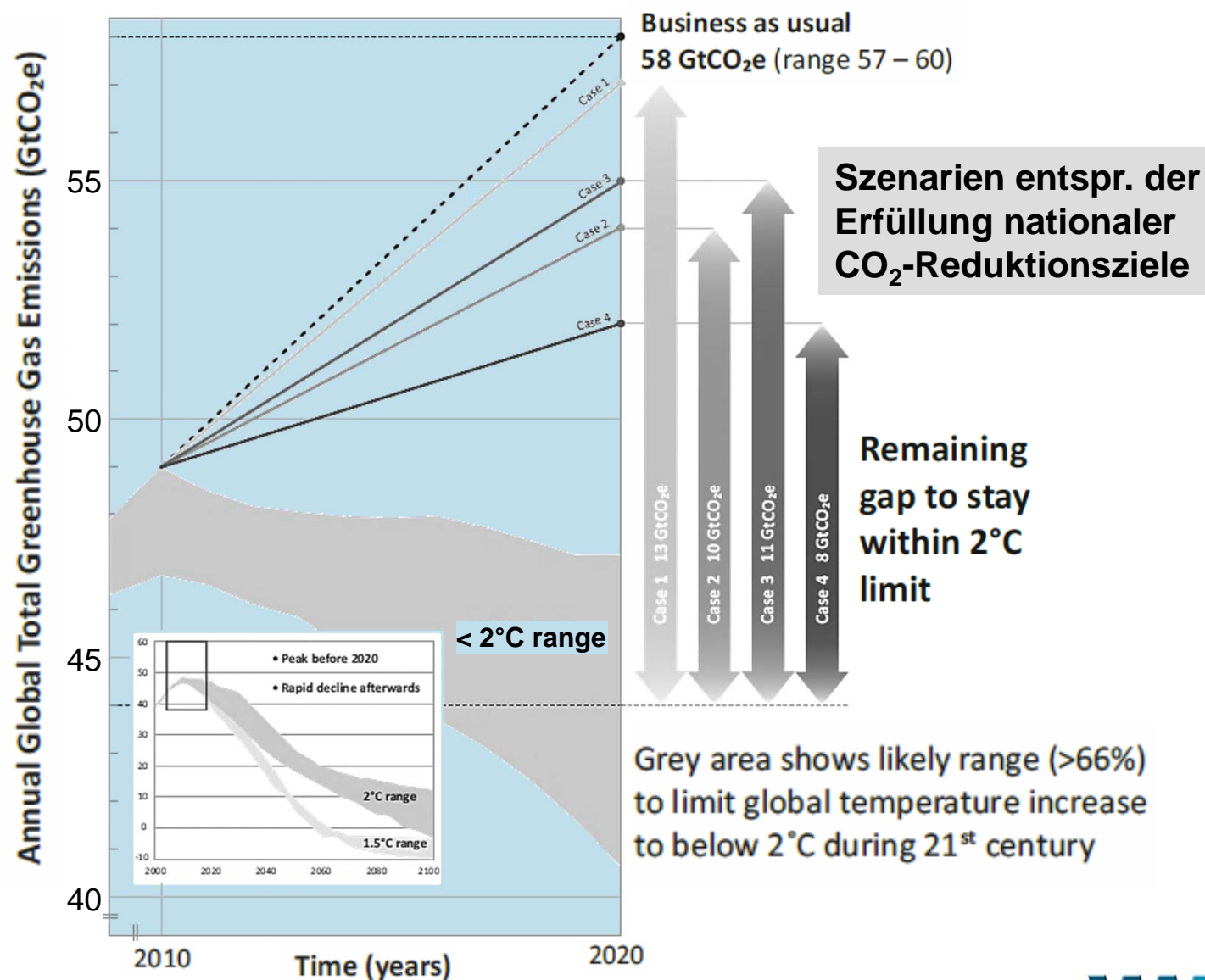
[Daten WEC, WBGU]

# Anstieg Energieverbrauch, THG-Emission und Erwärmung



[UNEP 2010]

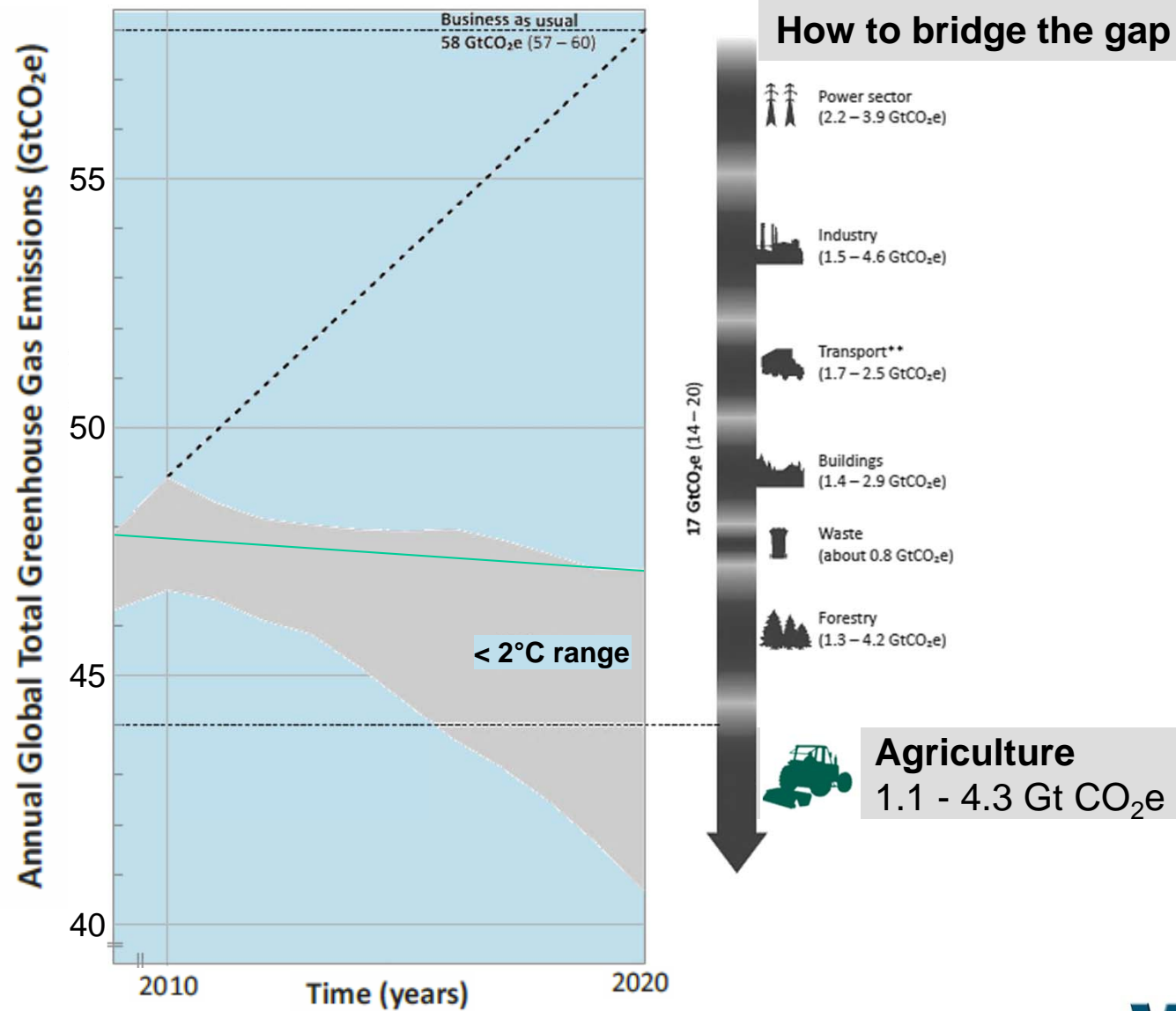
# Zunehmende Nachhaltigkeit ist zwingend: The Emissions Gap



[UNEP 2012]

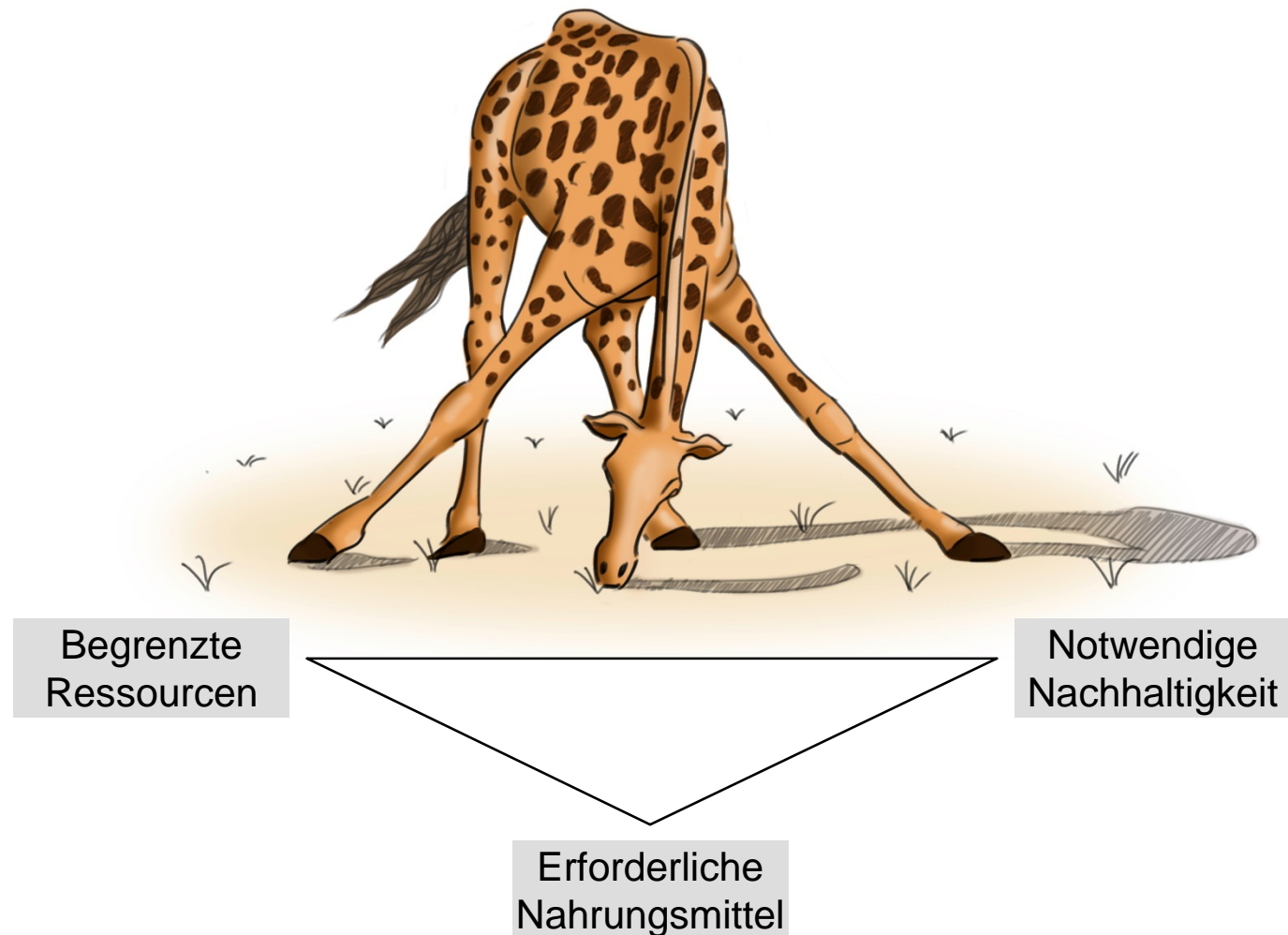


# Potenzieller Lösungsbeitrag der Landwirtschaft

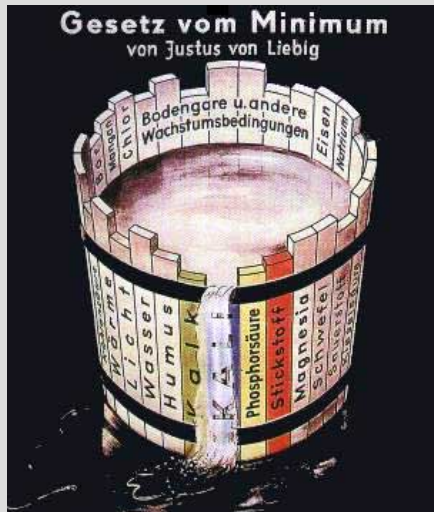


[UNEP 2012]

# Haben wir die evolutionären Grenzen erreicht?



# Das Gesetz vom Minimum



[Liebig Museum, Gießen]

## Gesetz vom Minimum:

Das Wachstum der Pflanze wird durch die knappste verfügbare Ressource eingeschränkt.

1828 veröffentlicht von Carl Sprengel  
(verbreitet durch Justus von Liebig 1840)

## Was begrenzt die Pflanze?

Liebig: Licht, Wasser, Humus, Mineralstoffe

## Was begrenzt den Menschen?

- Die Quellen und Ressourcen:
  - Wasser
  - Nahrungsmittel
  - Klima
  - Energie
- Seine Intelligenz:
  - Methoden der Nutzbarmachung
  - Produktivität der Verfahren
  - Effiziente Nutzung der Ressourcen
  - Nachhaltiges wirtschaften
  - Gezügelte Vermehrung



# Das Symposium – Ein Forum für Fragen und Antworten

- Wo steht die Gesellschaft, die Landwirtschaft, die Landtechnik?
- Wie geht das, nachhaltig und gleichzeitig ausreichend produktiv?
- Was sind die Stellhebel der Landtechnik?
- Wie groß ist der Einfluss und Effizienzpotenzial?
- Haben wir bisher alles falsch gemacht oder den falschen Fokus?
- Sind wir ausreichend innovativ für die gewaltige Herausforderung?
- Wie steigern wir die „Intelligenz“, sprich, wie verbessern wir die Ausbildung?
- Reicht die Erkenntnis oder sind regulierende Maßnahmen erforderlich?
- Welche Art von Regulierung kann hilfreich sein?
- Ist Energie-, Emissions- und Kosteneffizienz gleichzeitig mit „einer Klatsche“ zu schlagen?



# Das Programm

## **09:00 Das Thema: Energieeffizienz der Landtechnik**

Prof. Dr. Ludger Frerichs, TU Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

## **09:30 Carbon Footprint der Landwirtschaft**

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, TU München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme

## **10:00 Was ist der Beitrag der Landtechnik zur Energie- und Ressourceneffizienz?**

Prof. Dr. agr. habil. Reiner Brunsch, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

## **10:30 Kaffeepause**

## **11:00 Prozess / Maschine / Verfahren – Zur ganzheitlichen Bewertung von Landmaschinen**

Prof. Dr. Ludger Frerichs, Dipl.-Ing. Jens Schröter, TU Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

## **11:30 IT und Automatisierung verringern den Energieverbrauch der Landtechnik**

Dipl.-Ing. August Altherr, John Deere European Technology Innovation Center, Kaiserslautern

## **12:00 Mit innovativen Maschinenkonzepten zu verbrauchseffizienten Lösungen**

Dr. Justus Dreyer, AMAZONEN-Werke, Hasbergen

## **12:30 Mittagsimbiss**

## **13:30 Intelligente landwirtschaftliche Betriebsführung**

Prof. Dr. Hermann Auernhammer, Freising

## **14:00 Einflussfaktor Mensch – Ausbildung für den effizienten Maschineneinsatz**

Prof. Dr. Thomas Rademacher, Fachhochschule Bingen

## **14:30 CO<sub>2</sub>- und energieeffiziente Landtechnik - Konflikt oder Lösungsbeitrag zur Erreichung der EU-Ziele?**

Dr. Eberhard Nacke, Produktstrategie, CLAAS KGaA, Harsewinkel

## **15:00 Abschlussdiskussion/Schlussworte**

Prof. Dr. Ludger Frerichs

## **15:30 Coffee to go**

## **16:00 Ende des Symposiums**





Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für mobile  
Maschinen und Nutzfahrzeuge



## Energieeffizienz der Landtechnik - Potenziale zur CO<sub>2</sub> Reduktion -

Symposium am 12. und 13. März 2013 in Braunschweig





# Carbon Footprint der Landwirtschaft

## Symposium Energieeffizienz der Landtechnik

13. März 2013, Technische Universität Braunschweig

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme



- **Problemstellung**

Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft – Emissionsquellen und Minderungsbedarf

- **Globaler und betrieblicher Kohlenstoffkreislauf**

Relevante C-Pools und C-Flüsse, C-Sequestrierung durch Humusaufbau

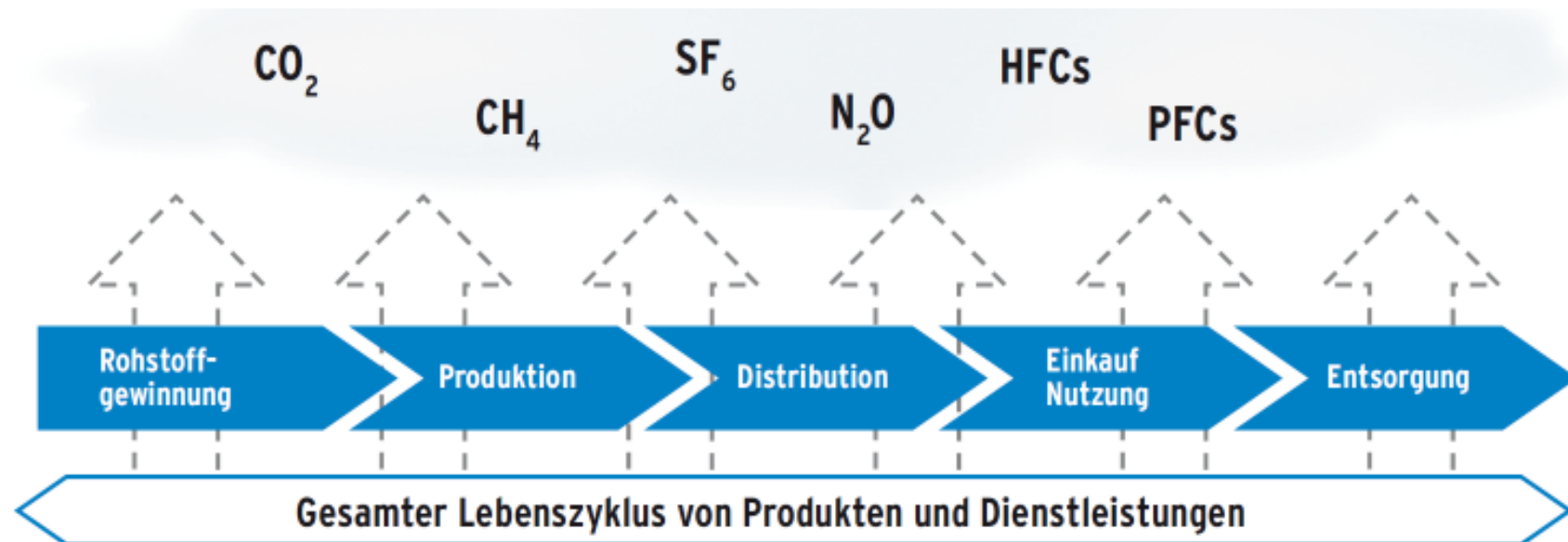
- **Einsatz fossiler Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Energiebilanzierung und Energieeffizienz, Optimierungspotenziale

- **Stickstoffkreislauf und Lachgasemissionen**

Einflussfaktoren auf N<sub>2</sub>O-Flüsse und Minderungsstrategien

- **Gesamtbewertung und Schlussfolgerungen**



Der Product Carbon Footprint bezeichnet die Bilanz der Treibhausgasemissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts in einer definierten Anwendung und bezogen auf eine definierte Nutzeinheit.



## Spezifische Treibhauspotentiale

(Global warming potential, GWP), nach IPCC



Treibhaus- gas	Konzentration (ppm)		Lebens- dauer	GWP
	vor- industriell	2011		
	a	100 a		
CO <sub>2</sub>	~ 280	390	variabel	1
CH <sub>4</sub>	0,70	1,80	12	25
N <sub>2</sub> O	0,27	0,32	114	298

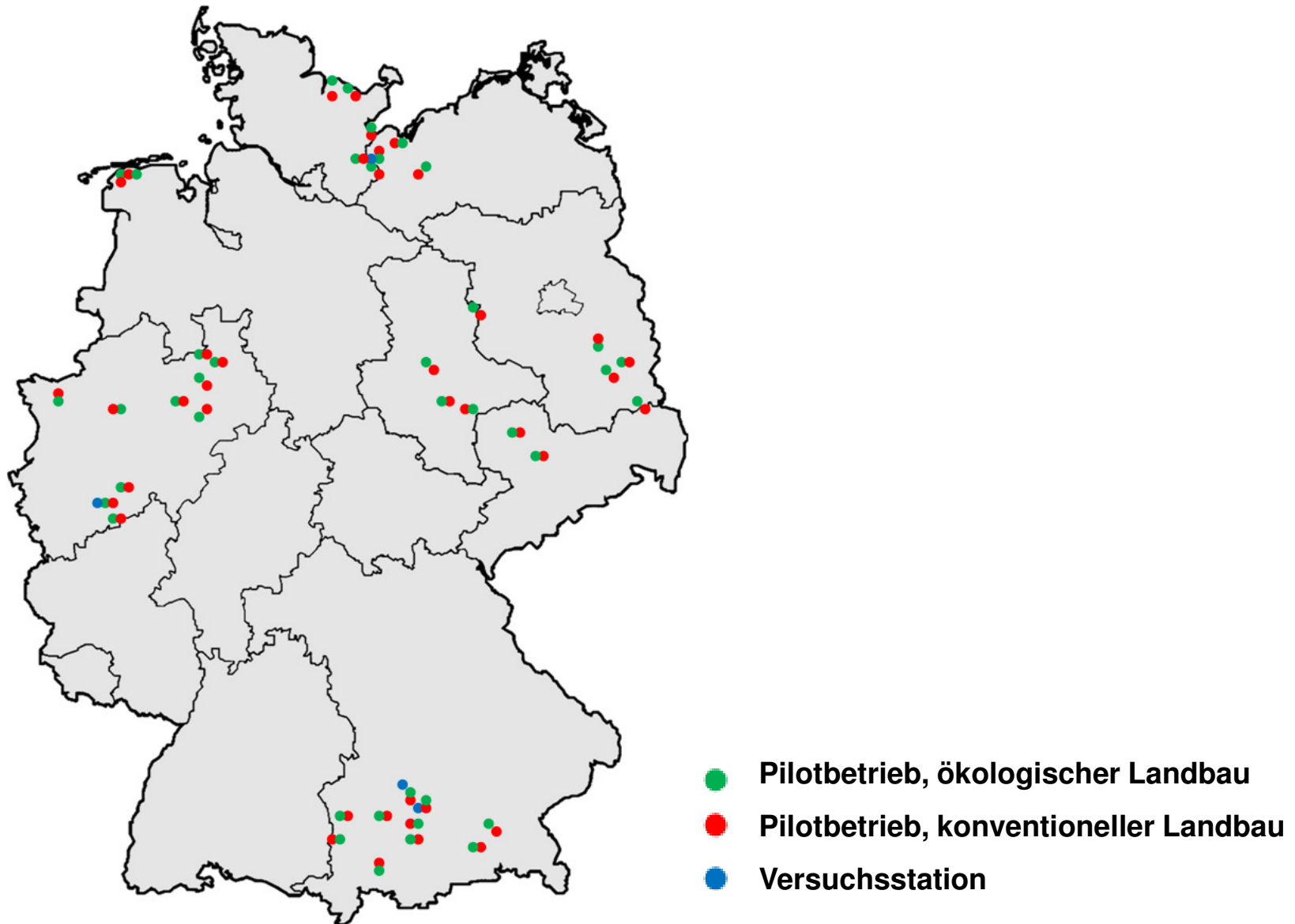
- Treibhauspotential in Bezug auf CO<sub>2</sub> (GWP = 1)
- abhängig von der Absorption der infraroten Strahlung und der Verweildauer





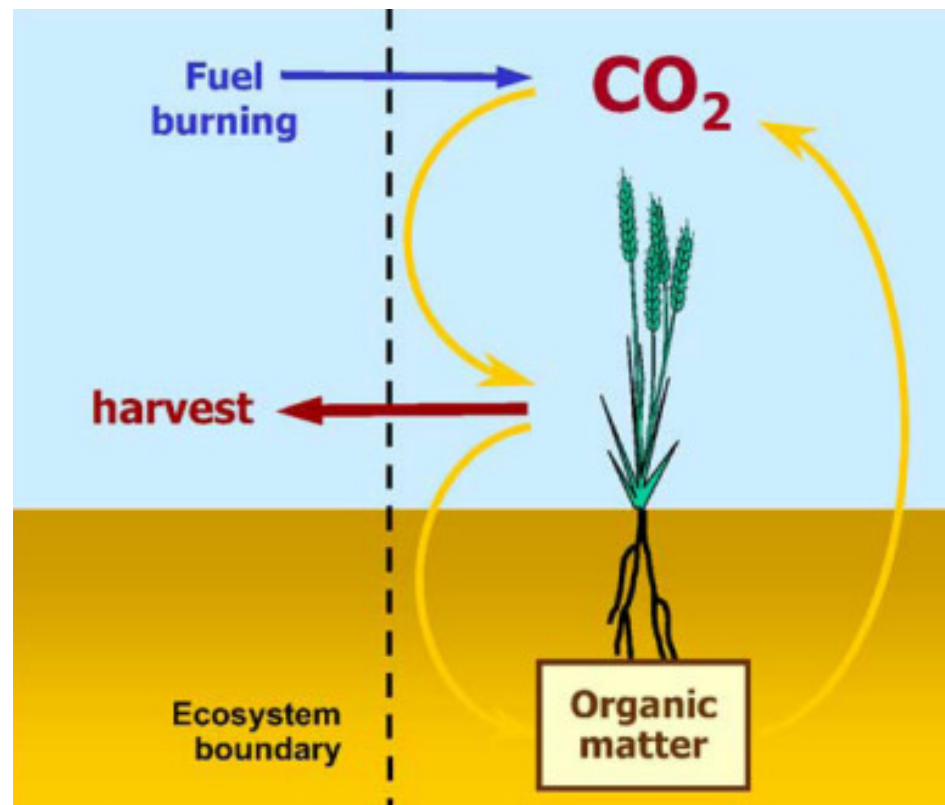
# Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen

– Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben



# Globaler und betrieblicher Kohlenstoffkreislauf

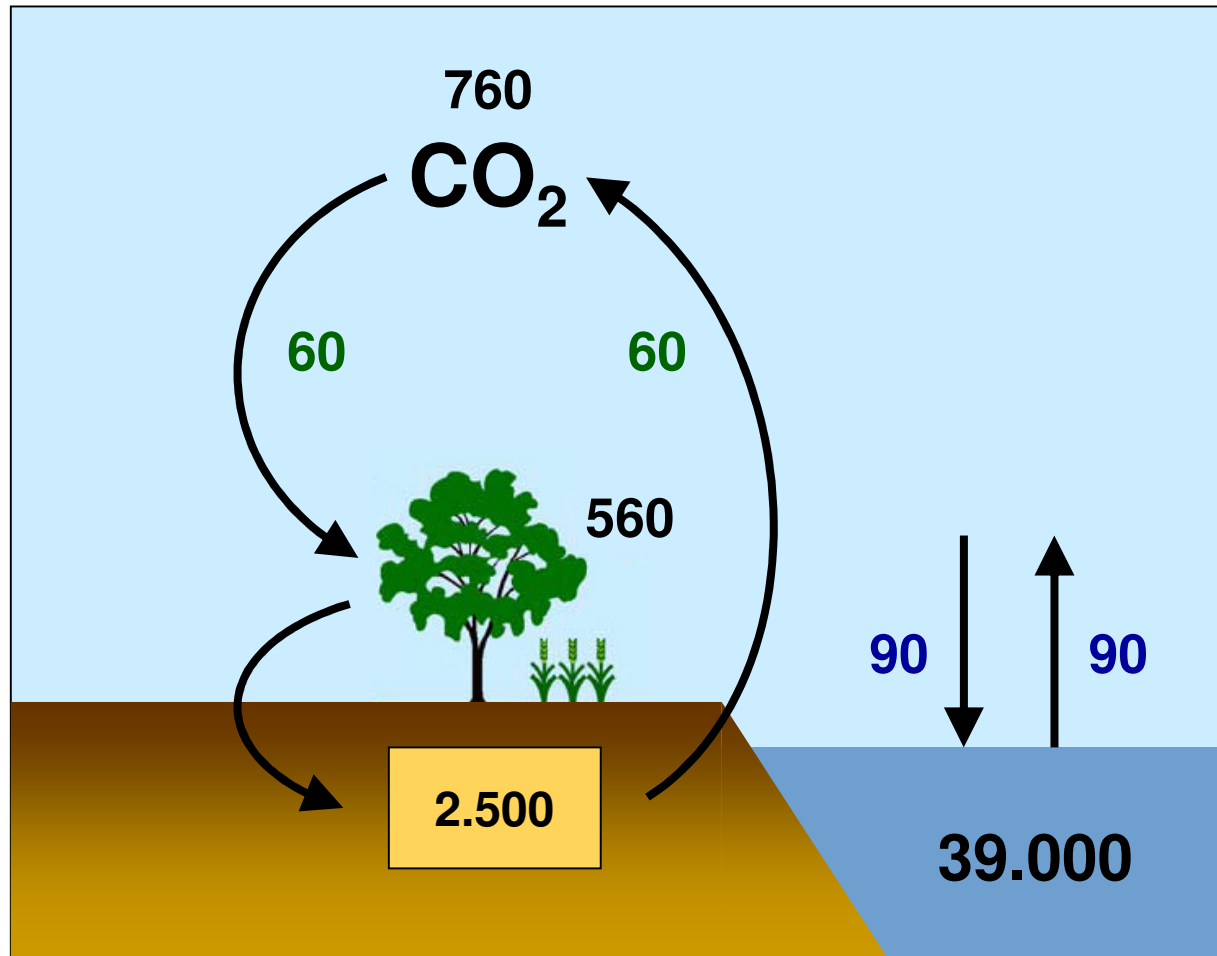
Relevante C-Pools und C-Flüsse, C-Sequestrierung durch Humusaufbau





# Der globale Kohlenstoffkreislauf (Mrd. t C)

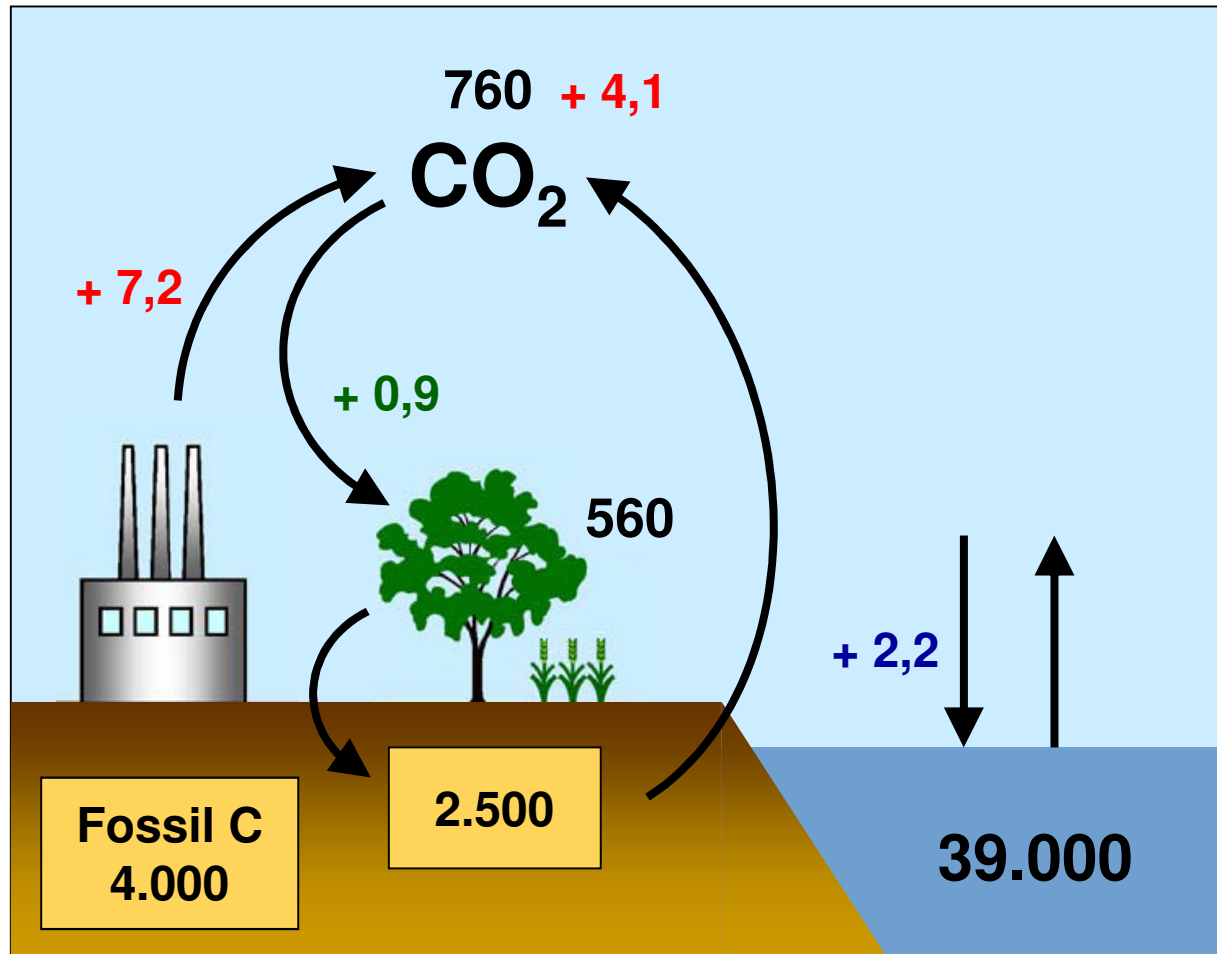
nach Janzen (2004), modifiziert und ergänzt





# Der globale Kohlenstoffkreislauf (Mrd. t C)

nach Janzen (2004), modifiziert und ergänzt



## C-Emissionen

Welt: 7,2 Mrd. t

= 1,1 t C pro Kopf

## CO<sub>2</sub>-Emission pro Kopf

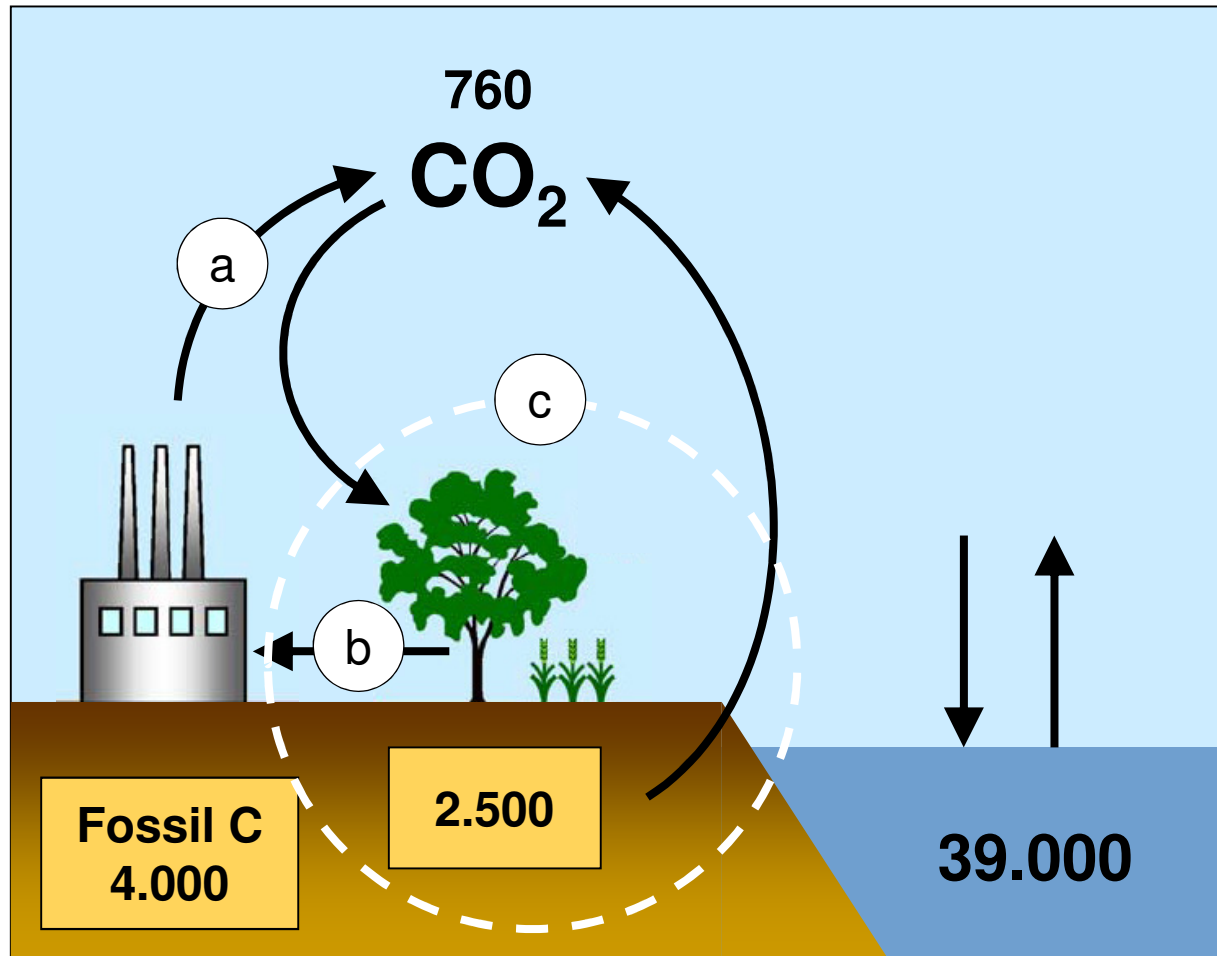
Welt: 4 t

Deutschland: 10 t

USA: 20 t

Indien: 1 t





a) Reduzierung von Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe

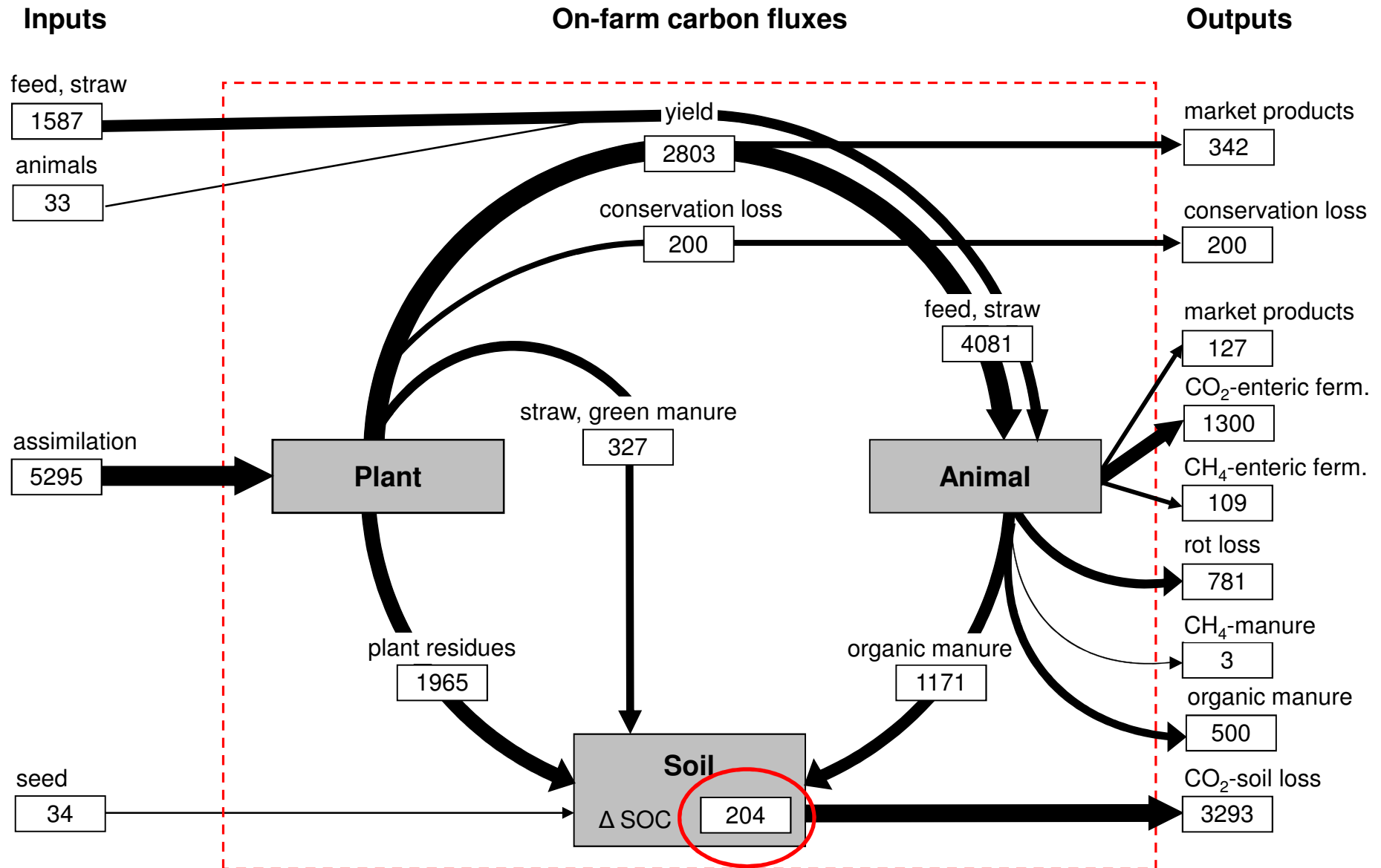
b) Nutzung von photosynthetisiertem C als Bioenergieträger

c) Erhöhung der C-Speicherung in Böden und in der Phytomasse



# Carbon cycle of the organic farming system Scheyern

(kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) Küstermann, Kainz & Hülshberger (2008): Renewable Agric. and Food Systems 23, 38-52.





# Carbon cycle of the conventional farming system Scheyern

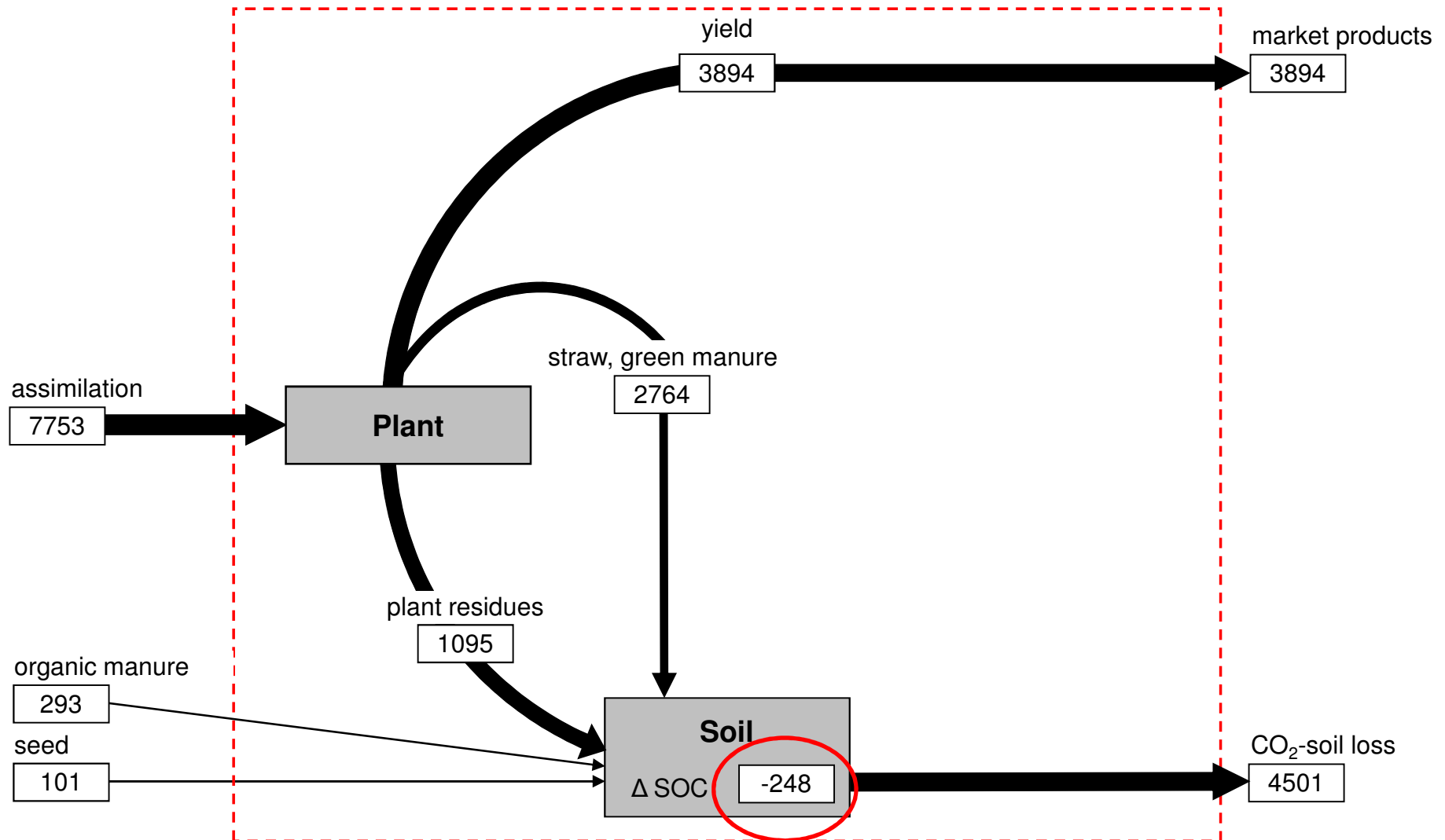
(kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) Küstermann, Kainz & Hülsbergen (2008): Renewable Agric. and Food Systems 23, 38-52.

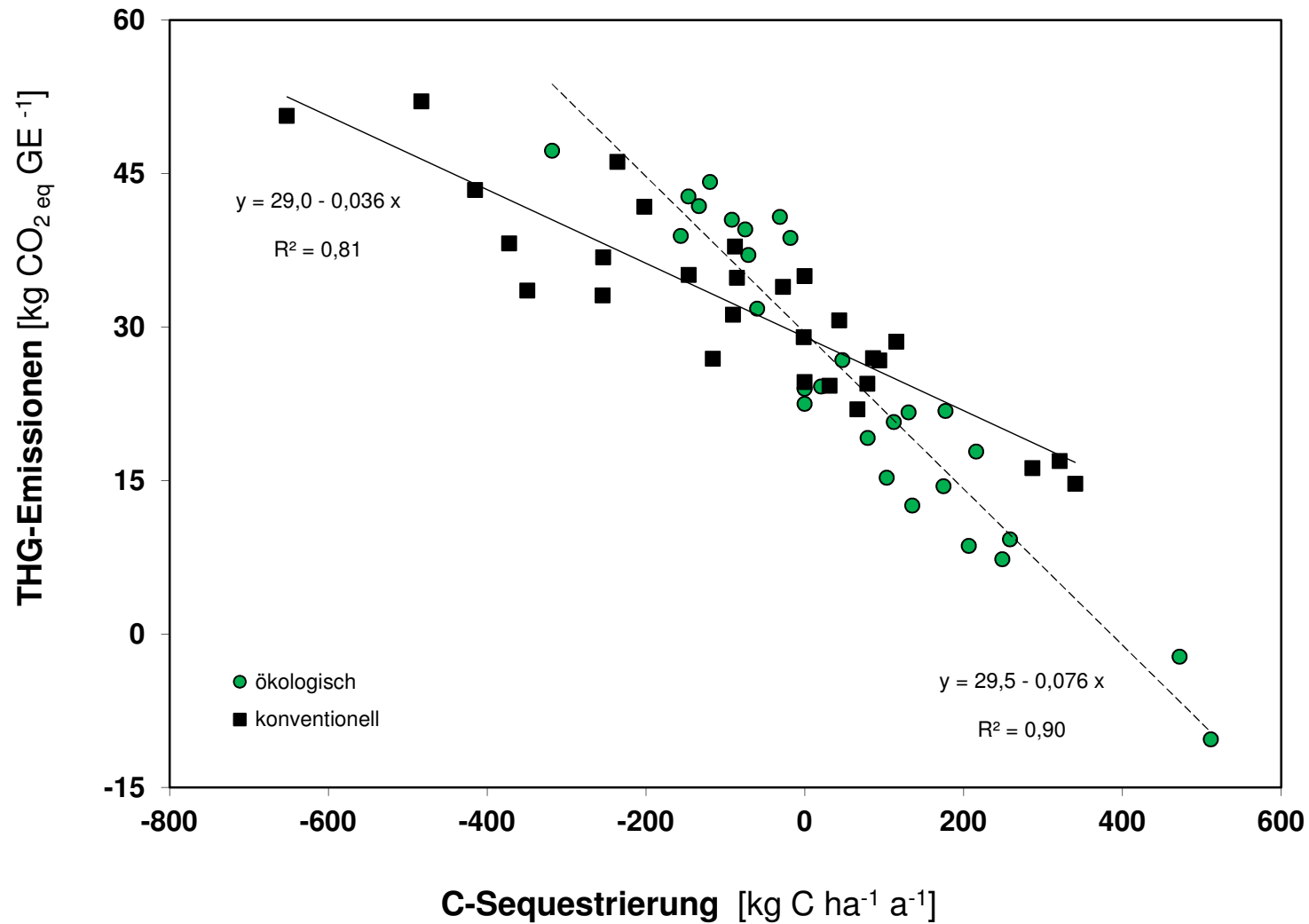


## Inputs

## On-farm carbon fluxes

## Outputs





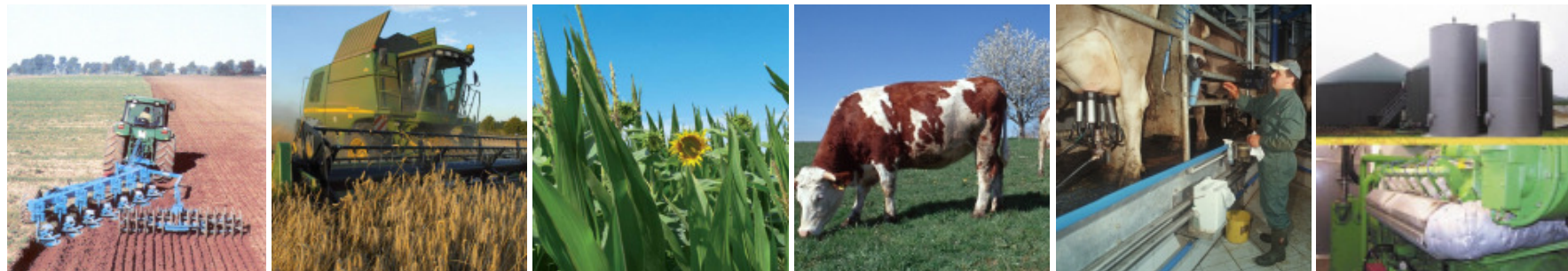




- **Humus-Saldo** = potenzielle Änderung des Humus- und C-Vorrates  
Böden als CO<sub>2</sub>-Quelle und Senke, mengenmäßig und zeitlich begrenzt
- **Humusversorgung** abhängig von  
Anbaustruktur und Fruchtfolge, Organischer Düngung, Bodenbearbeitung
- **Optimierungsansätze** Ökologischer Landbau  
Klee gras-Management, Fruchtfolge, Betriebliche Stoffkreisläufe
- **Optimierungsansätze** Konventioneller Landbau  
Konservierende Bodenbearbeitung, Mulchsaaten, Zwischenfrüchte  
Ertragsverwendung (Strohdüngung, C-Harvestindex)

# Einsatz fossiler Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Energiebilanzierung und Energieeffizienz, Optimierungspotenziale





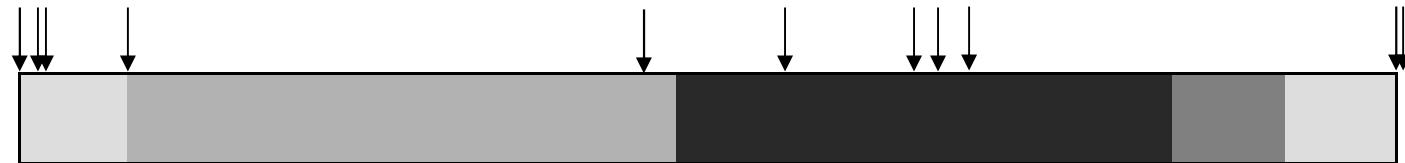
# Einsatz fossiler Energie beim Anbau von Winterweizen

Hülsbergen et al. (2001): Agric., Ecosyst. & Environ. 86, 303-321.



Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug
------	-----	-----	-----	-----	------	------	-------	-----	------	------	-----

Seedbed preparation   Sowing   Emergence   1st N-Appl   1st PA   2nd N-Appl   2nd PA   3rd PA   Harvest   Transport



<b>Diesel</b>				
direct energy	l/ha	25.2	7.0	3.4
	GJ/ha	1.00	0.28	0.13

<b>Machines</b>				
indirect energy	GJ/ha	0.18	0.07	0.05

<b>Other resources</b>		
indirect energy	kg/ha	230
	GJ/ha	1.27

Seed

1.6	1.7	1.7	1.5	1.7
0.06	0.07	0.07	0.06	0.07

0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
------	------	------	------	------

80.0	4.0	2.0	40.0	1.5
2.82	0.64	0.12	1.41	0.10

N   Herb   Fung   N   Fung

		$\Sigma$
22.6	17.1	83.50
0.90	0.68	3.32

0.53	0.19	1.18
------	------	------

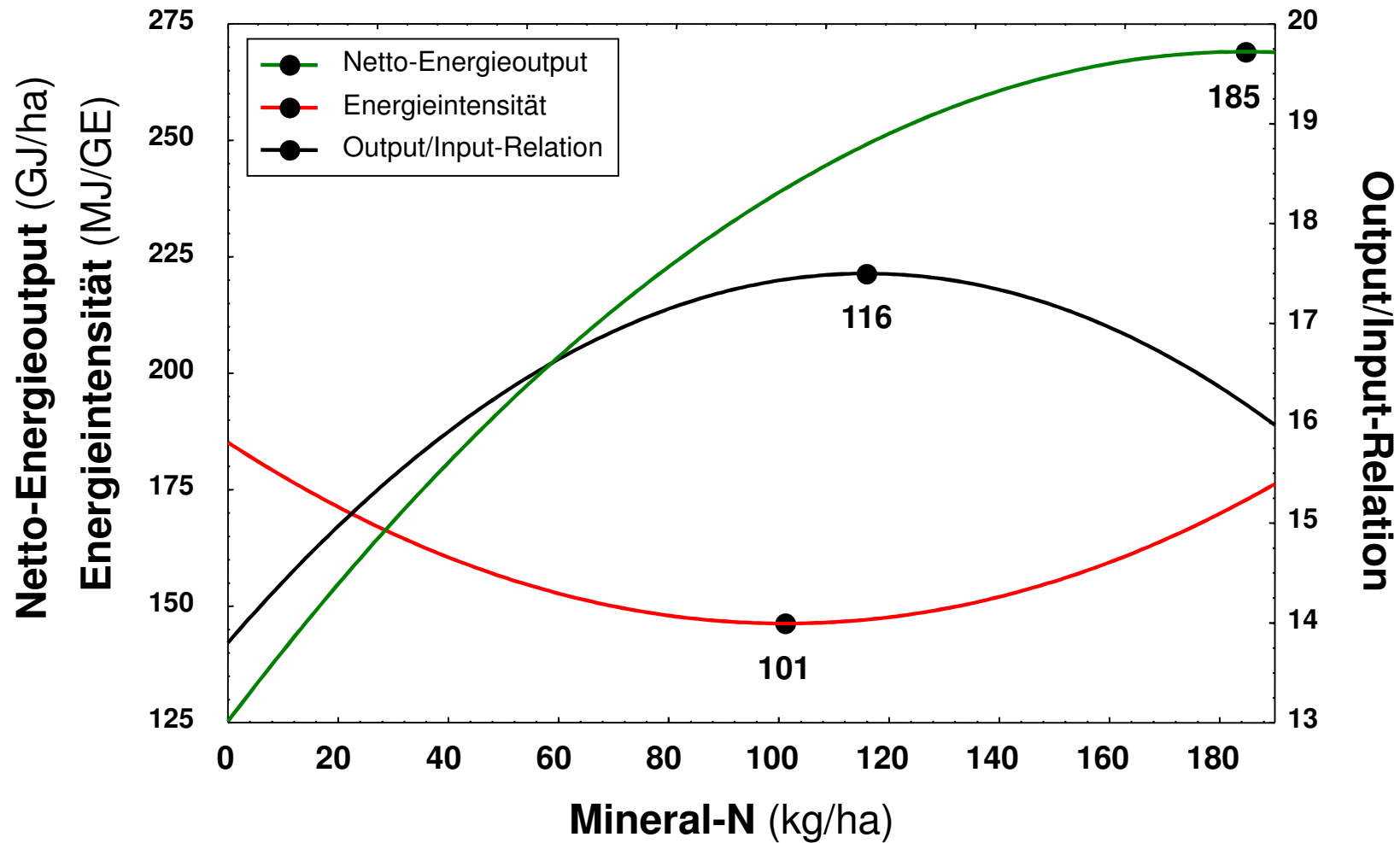
6.36

$\Sigma\Sigma$  10.86



# Energieeffizienz beim Anbau von Winterweizen

Hülsbergen et al. (2002): Field Crops Research 77, 61-76.



Netto-Energieoutput:  $B = 0,88^+$

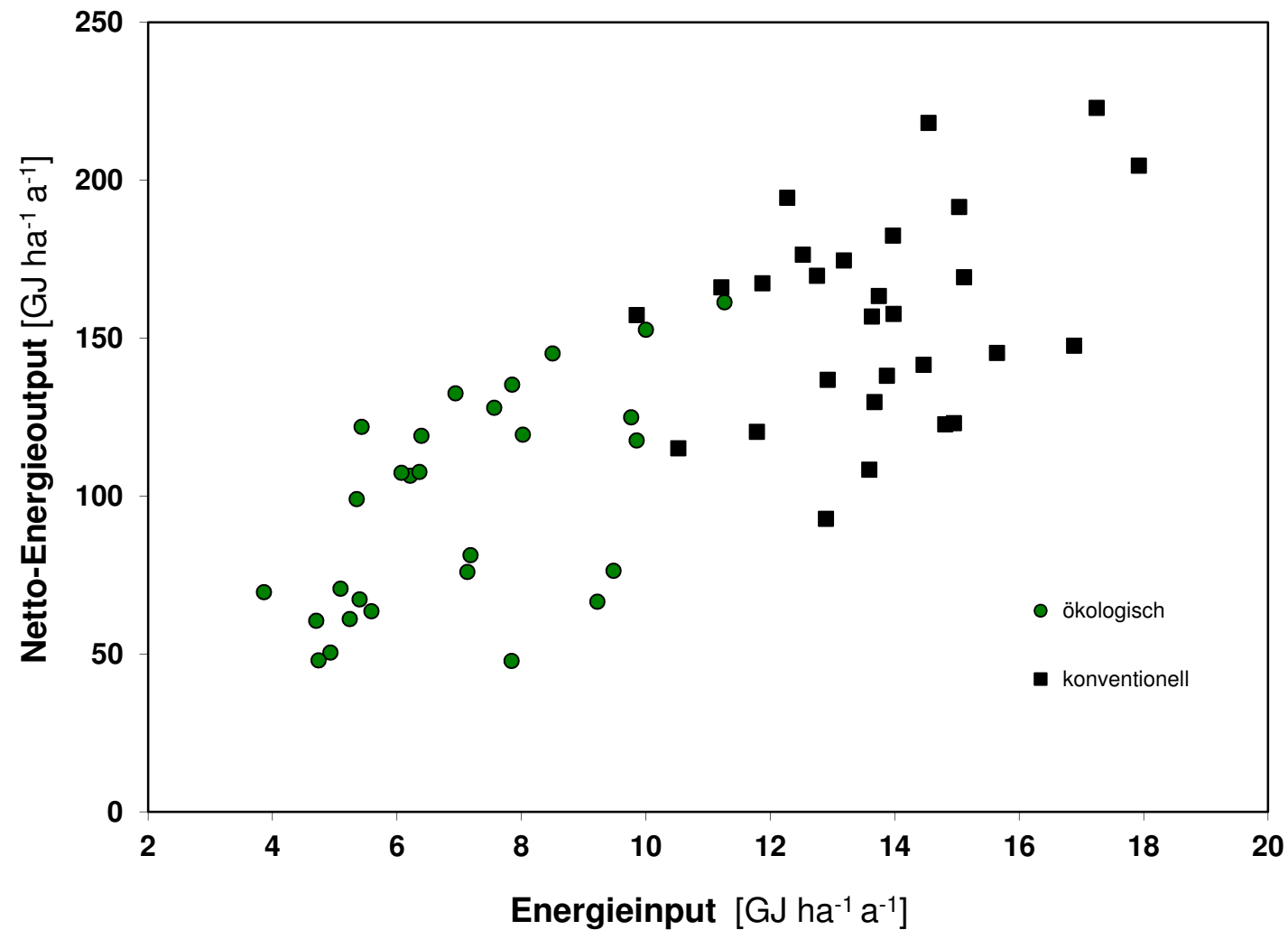
Energieintensität:  $B = 0,84^+$

Output/Input-Relation:  $B = 0,67^+$



# Beziehung zwischen Energieinput und -output im Pflanzenbau

## Pilotbetriebe (Schmid, Braun & Hültsbergen 2012)

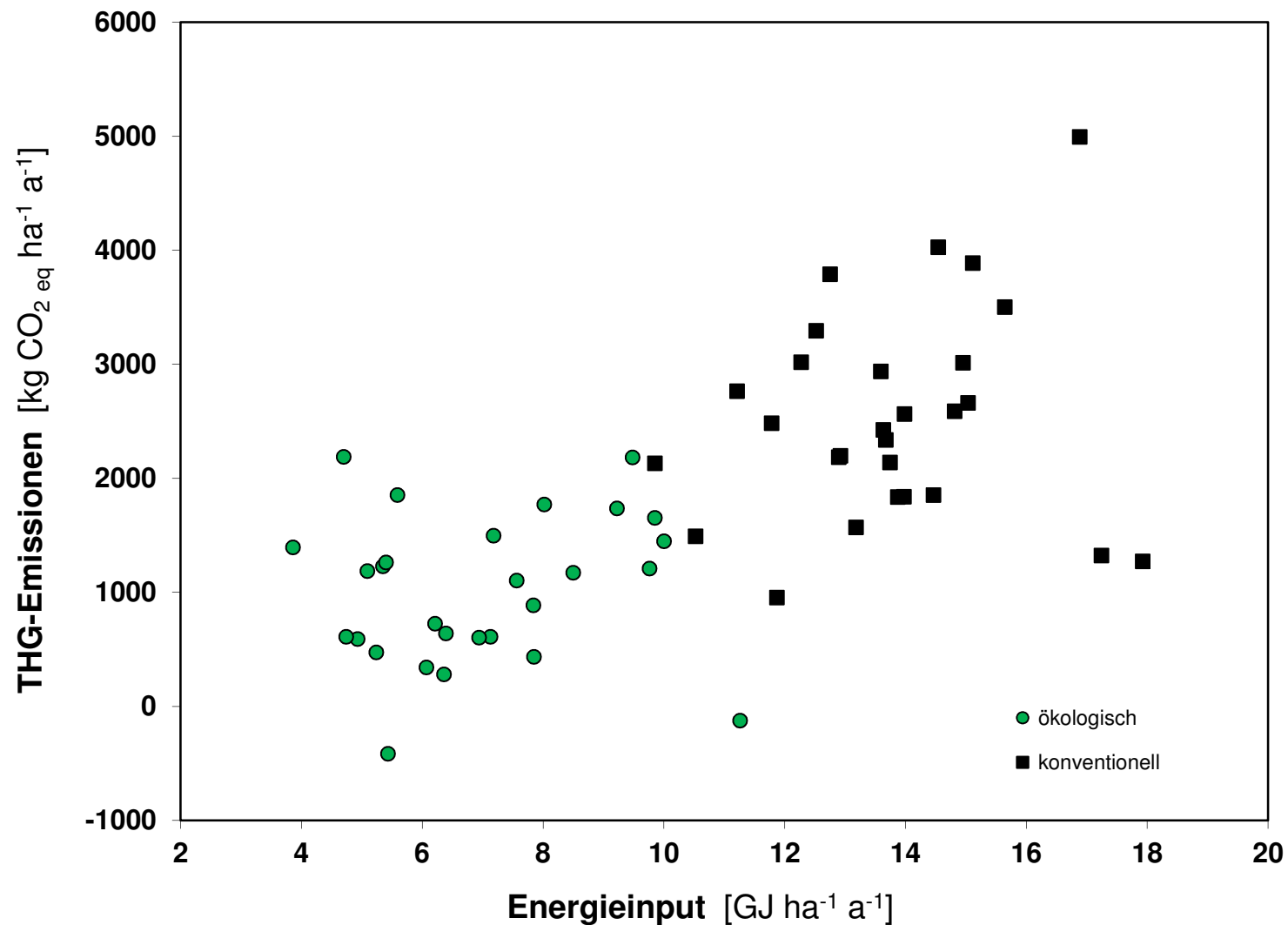






# Beziehung zwischen Energieinput und THG-Emissionen

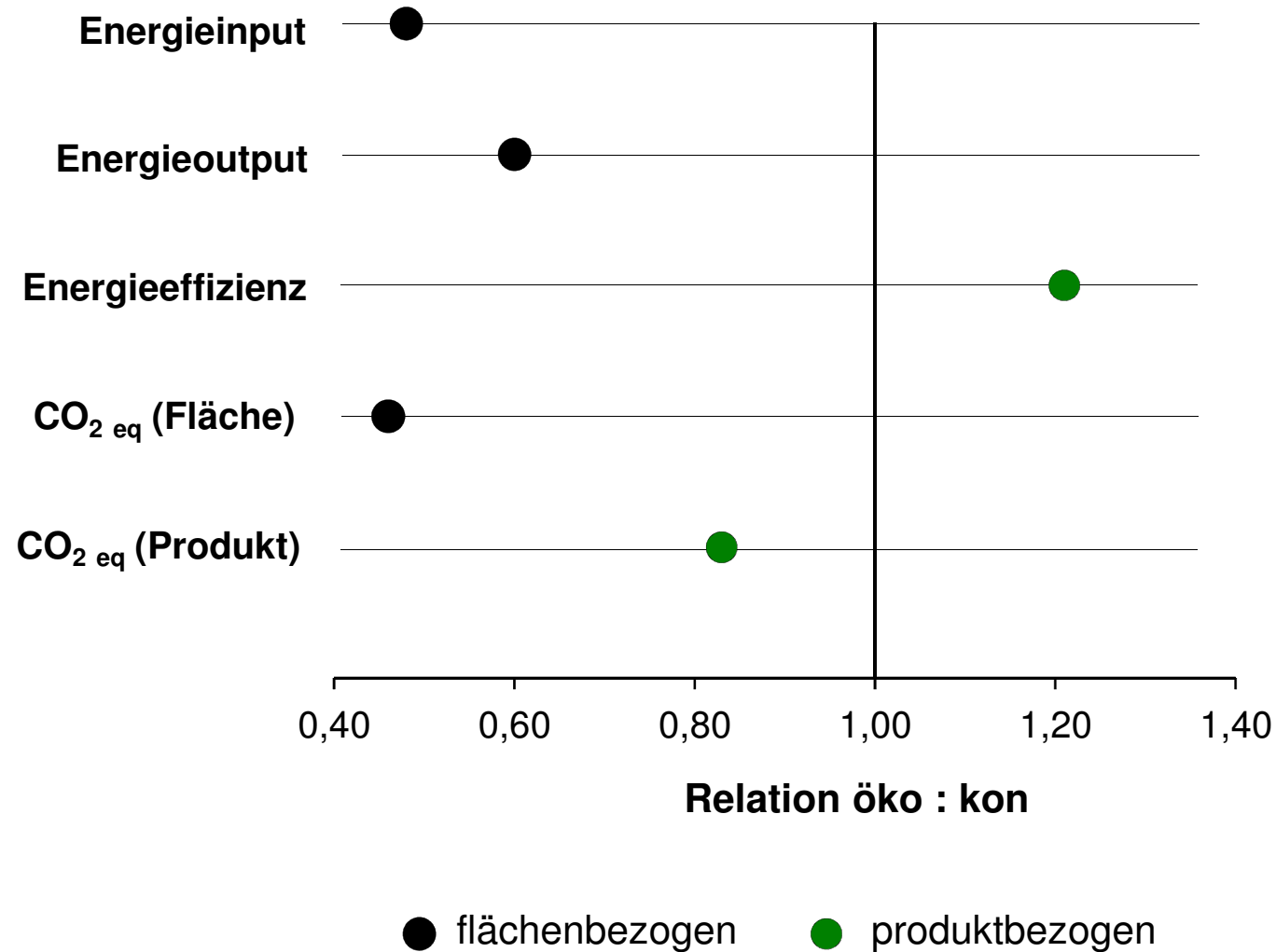
Pilotbetriebe (Schmid, Braun & Hülsgen 2012)





# Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Pflanzenbau

Relation ökologisch : konventionell, Pilotbetriebe (Schmid, Braun, Hülserbergen 2012)





- **Ökologische Pilotbetriebe:** Geringer Energieeinsatz: 5 bis 10 GJ ha<sup>-1</sup>  
Low-Input-Systeme → geringe flächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen
- **Konventionelle Pilotbetriebe:** Hoher Energieeinsatz: 10 bis 20 GJ ha<sup>-1</sup>  
High-Input-Systeme → hohe flächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Aber: **Unterschiedliche Erträge** und Leistungen → Energieeffizienz  
Ø Ökol. Pilotbetriebe: 20 % geringerer Energieeinsatz je Produkteinheit
- Große **einzelbetriebliche Variabilität** der Energieeffizienz  
Standort- und Managementeinflüsse
- **Ansätze für die Beratung und Betriebsoptimierung**  
– Optimierung des Stickstoffeinsatzes, Ertragssteigerung, ...

# Stickstoffkreislauf und Lachgasemissionen

Einflussfaktoren auf  $\text{N}_2\text{O}$ -Flüsse und Minderungsstrategien





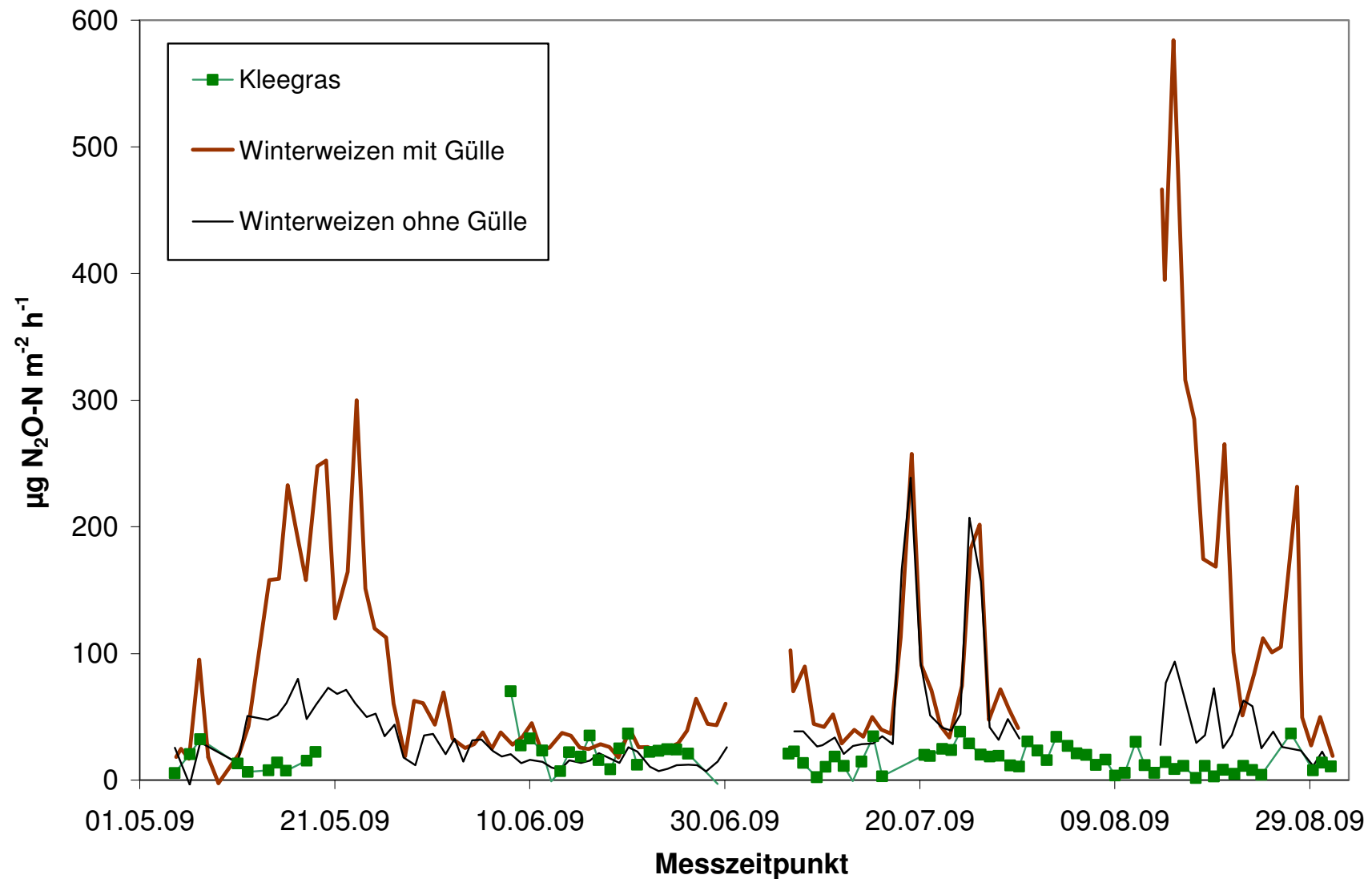






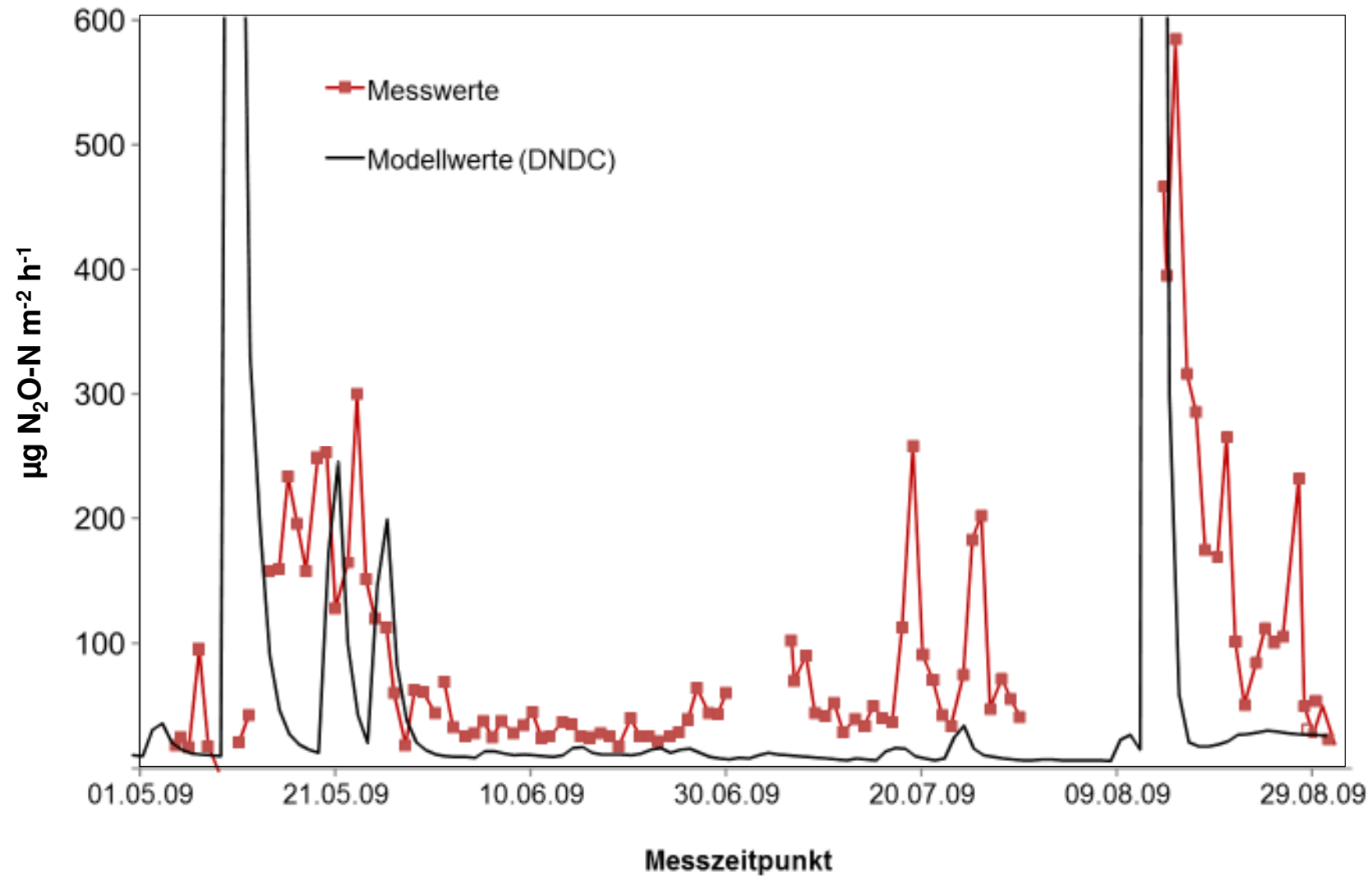
# N<sub>2</sub>O Emissionen im Energiepflanzen-Fruchtfolgeversuch

**Viehhausen** (Peter, Schmid, Munch & Hülshbergen 2010)



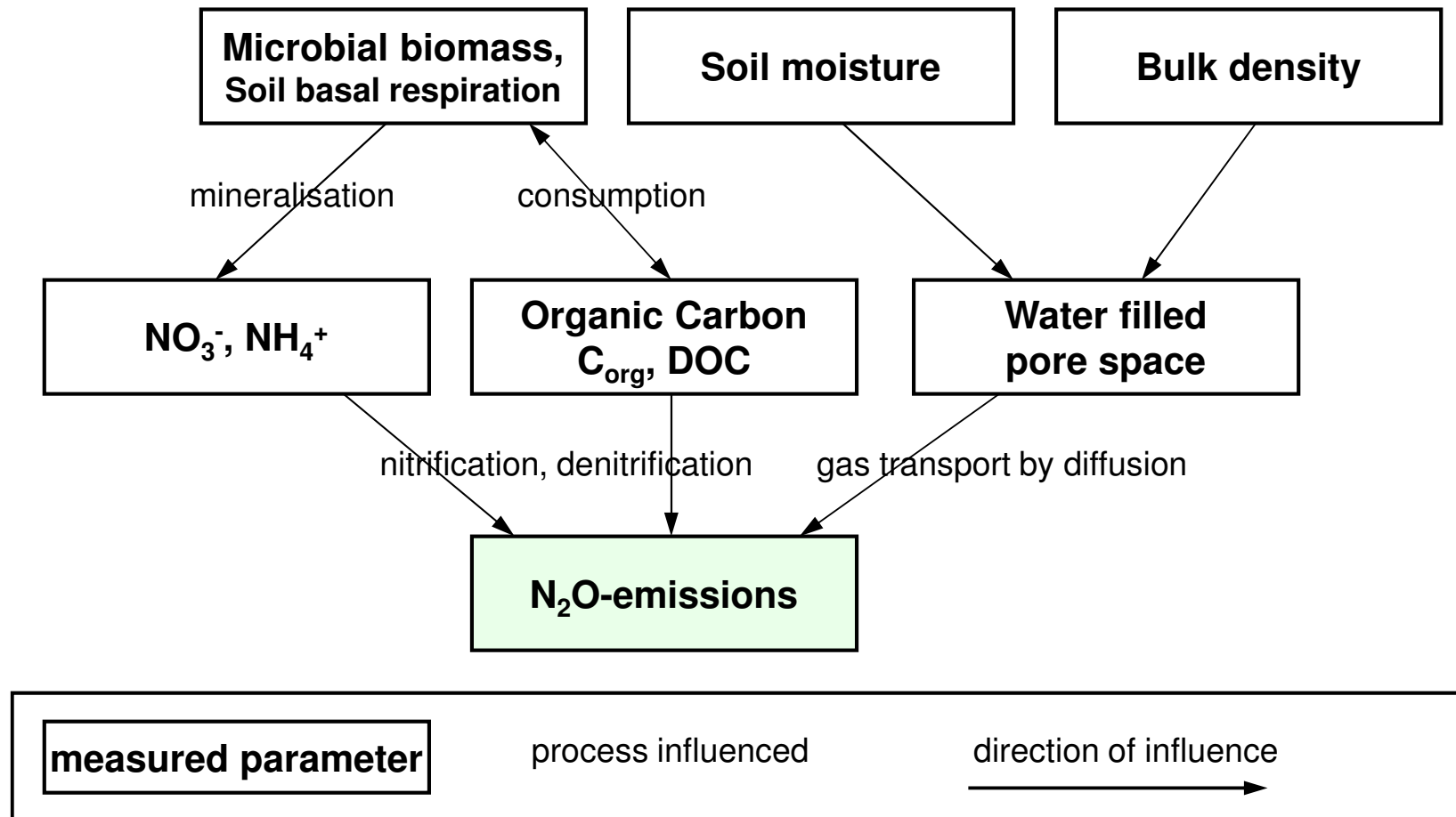


# N<sub>2</sub>O-Emissionen im Energiepflanzen-Fruchtfolgeversuch Viehhausen, Winterweizen mit Biogasgülle (Peter et al. 2012)





# Räumliche Variabilität der N<sub>2</sub>O-Emissionen und Einflussfaktoren

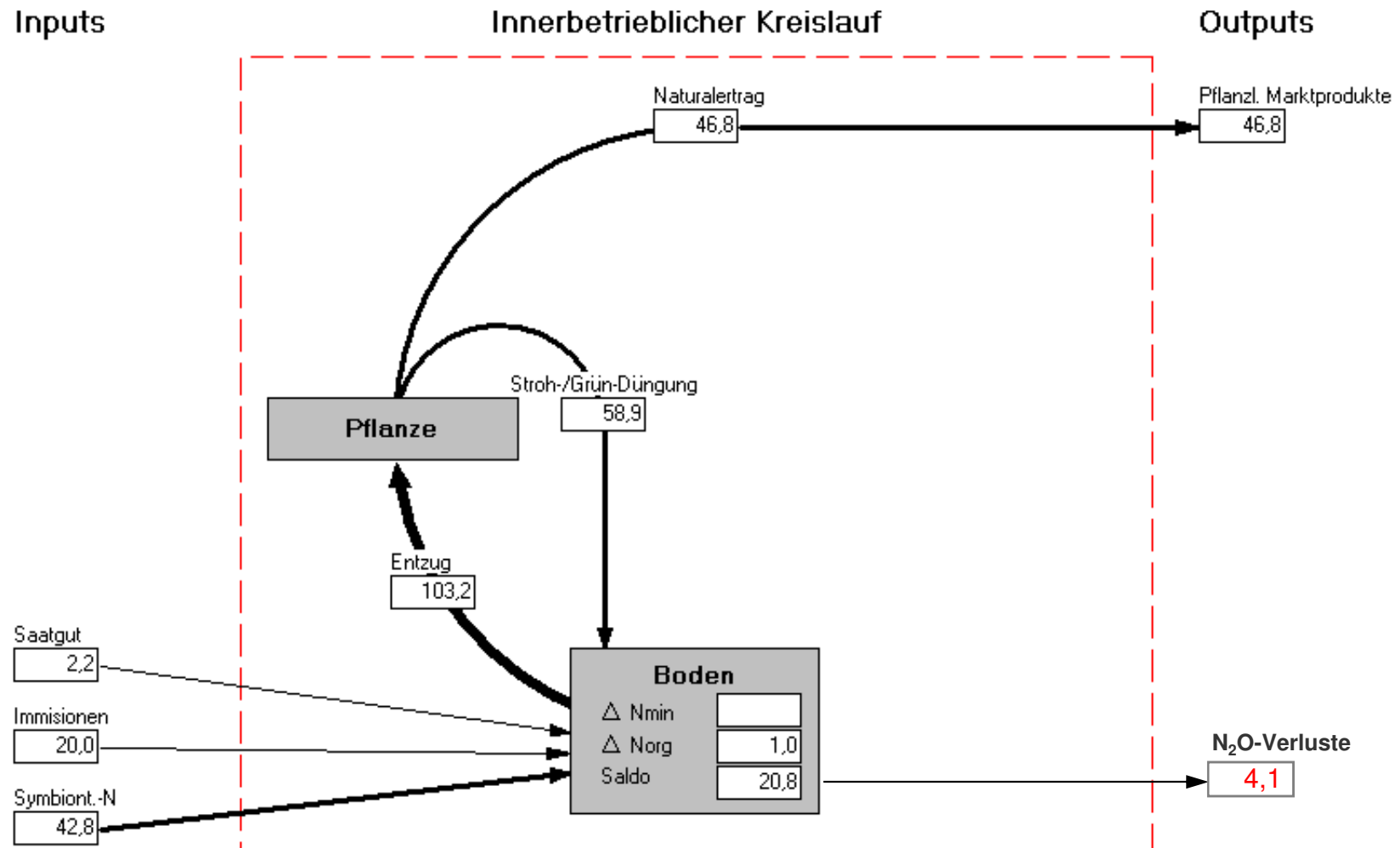


Nach ERNST et al.: Landbauforschung Völkenrode, SH 165, 13-18.



# Stickstoffkreislauf eines Pilotbetriebes

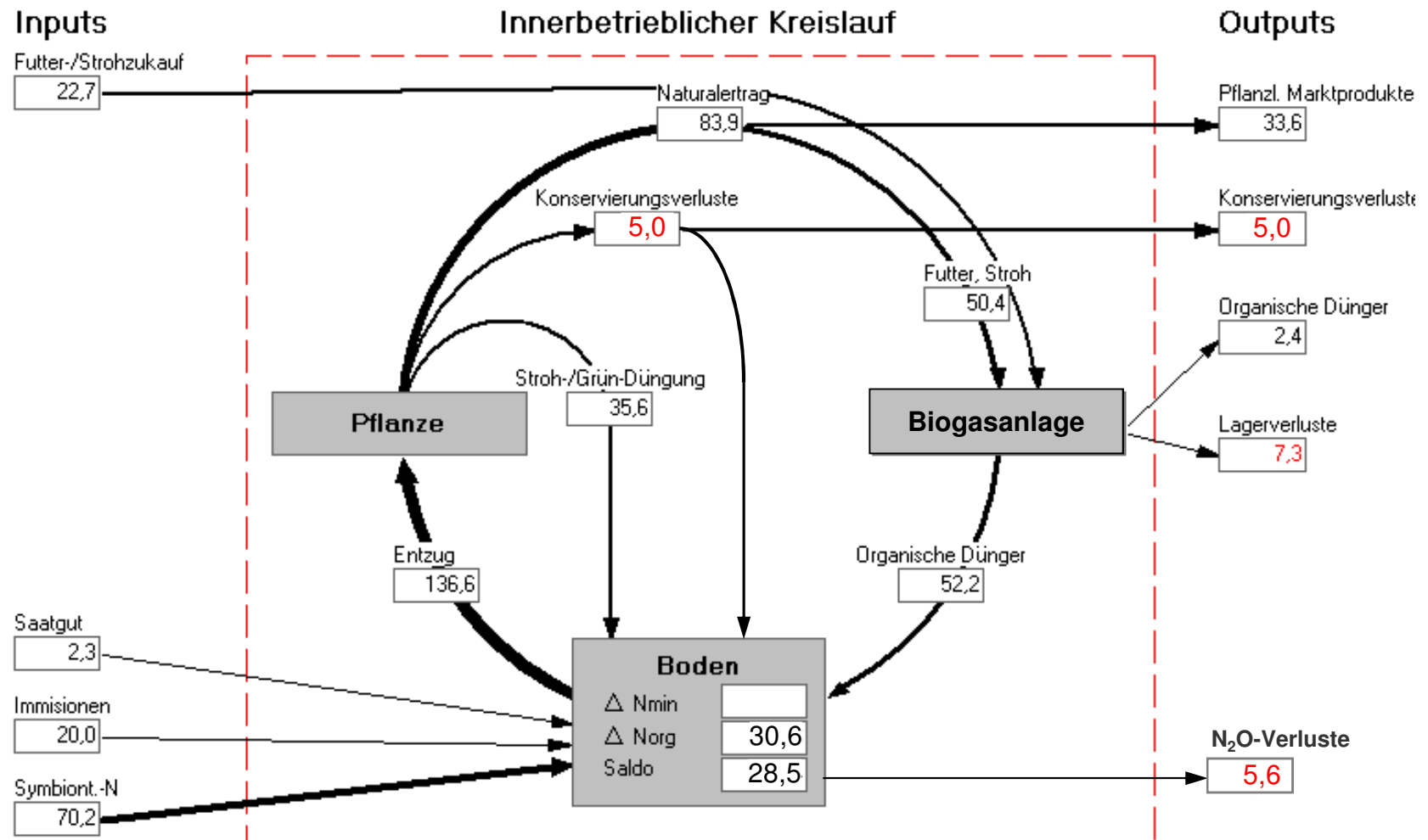
(kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) Region Süd: Ökologischer Marktfruchtbau





# Stickstoffkreislauf eines Pilotbetriebes

(kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) Region Süd: Ökologischer Marktfruchtbau + Biogaserzeugung

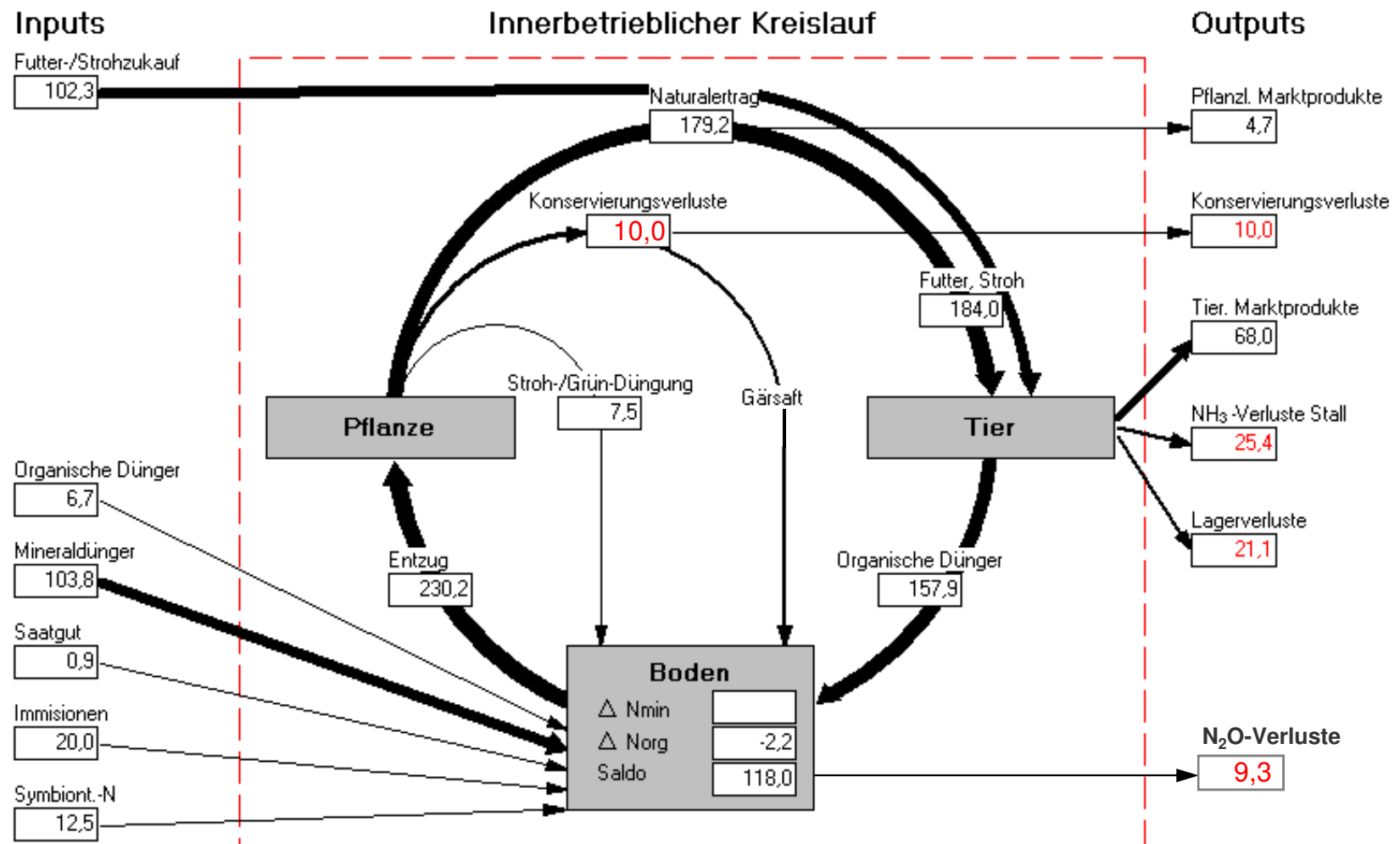






# Stickstoffkreislauf eines Pilotbetriebes

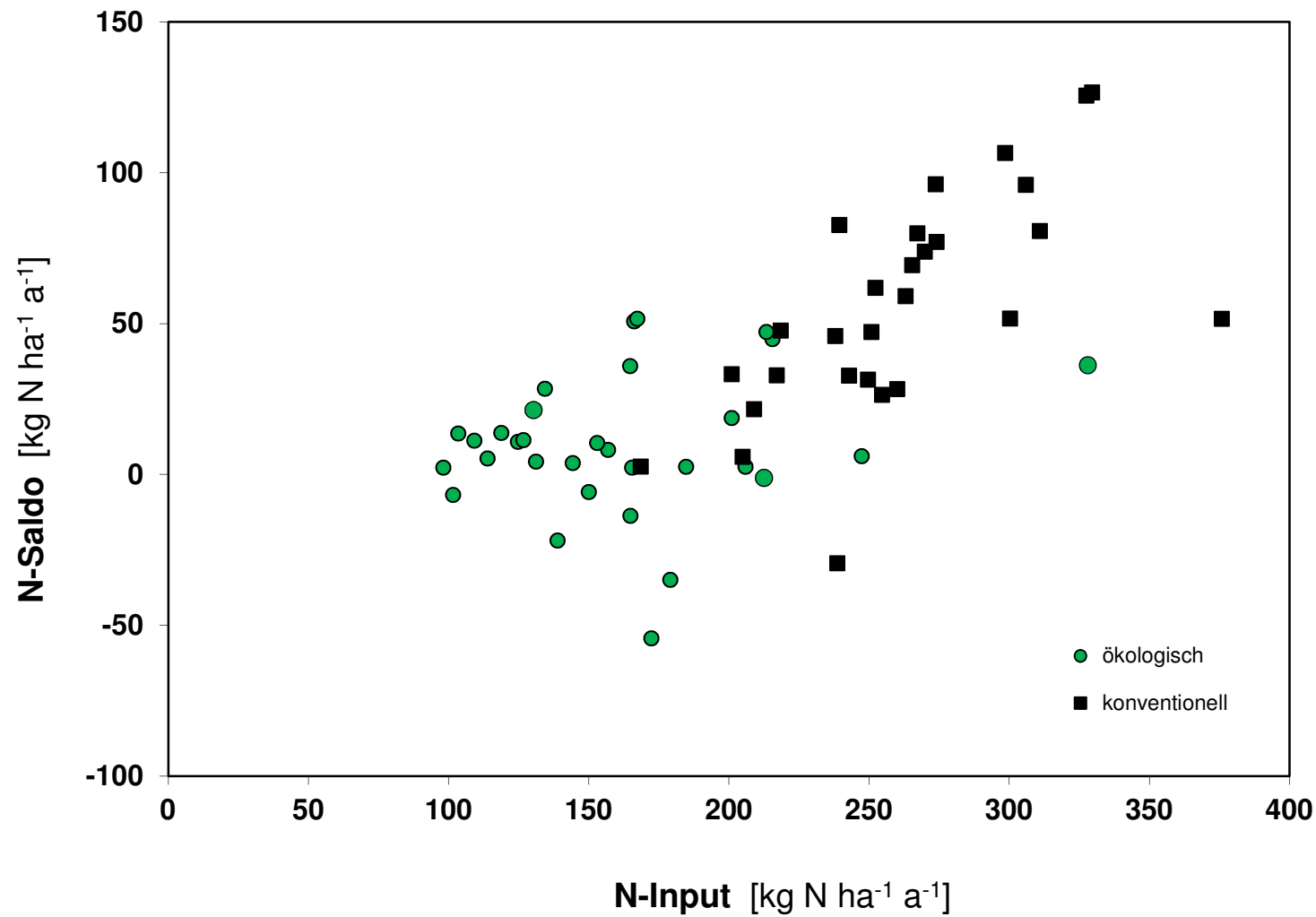
(kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) Region West: Konventionelle Milchviehhaltung (2,0 GV ha<sup>-1</sup>)





# Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo im Pflanzenbau

## Pilotbetriebe (Schmid, Braun & Hülsbergen 2012)

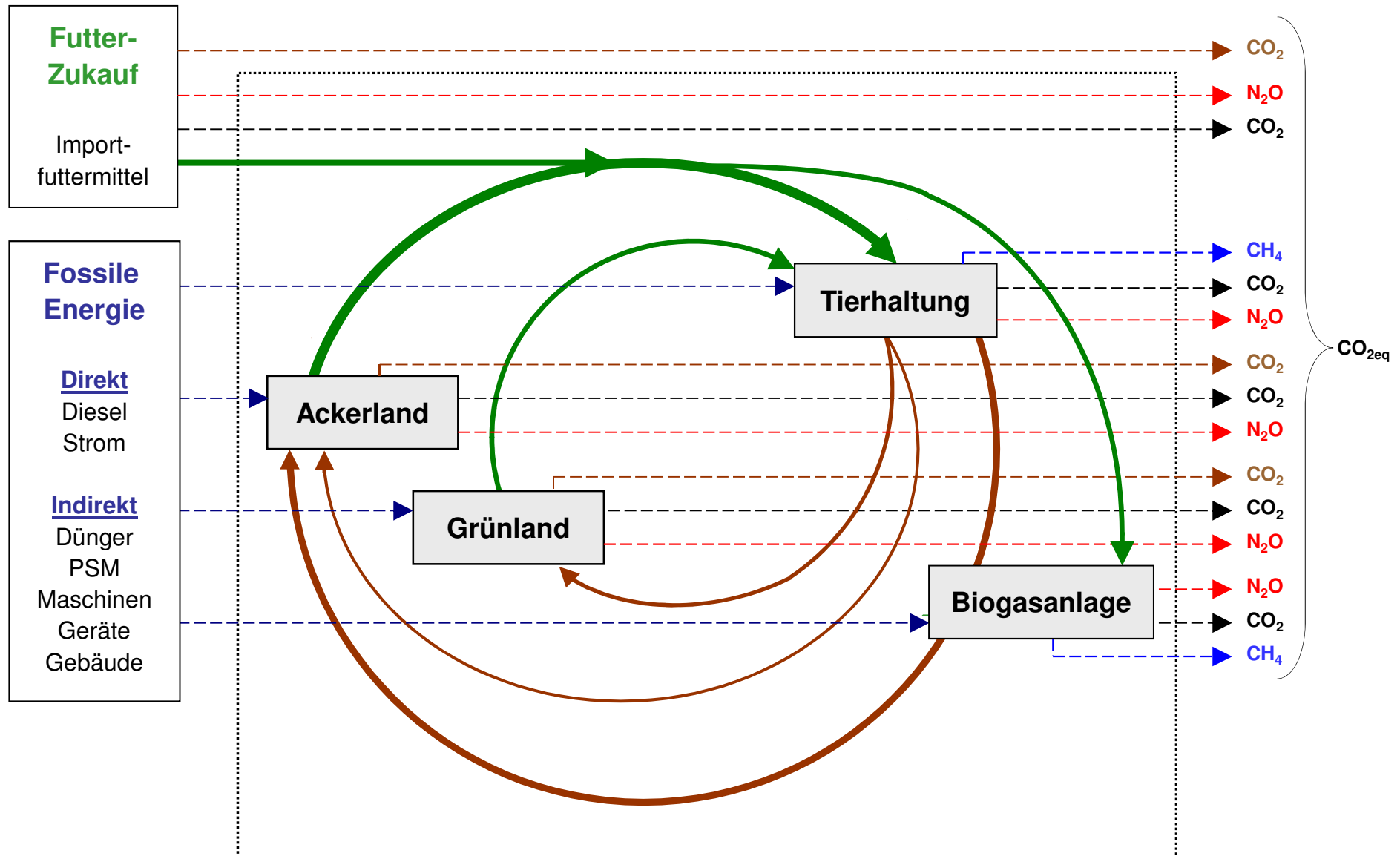




- **N-Saldo** =  $N\text{-Input} - N\text{-Output}$  = potenzielle N-Verluste  
Ø Ökol. Pilotbetriebe:  $< 20 \text{ kg ha}^{-1}$  Ø Konv. Pilotbetriebe:  $> 50 \text{ kg ha}^{-1}$
- **N-Effizienz** =  $N\text{-Output} / N\text{-Input}$  = N-Verwertung in den Produkten  
Einflussfaktoren: Betriebsstruktur, N-Intensität, Verfahrensgestaltung
- **Optimierungsansätze** Ökologischer Landbau  
Kleegrass-Management, Stoffkreisläufe (z.B. Biogassysteme)
- **Optimierungsansätze** Konventioneller Landbau  
Technische Innovationen: Teilflächenspezifische N-Düngung  
Betriebsstrukturen: Re-Integration von Pflanzenbau und Tierhaltung



# Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung

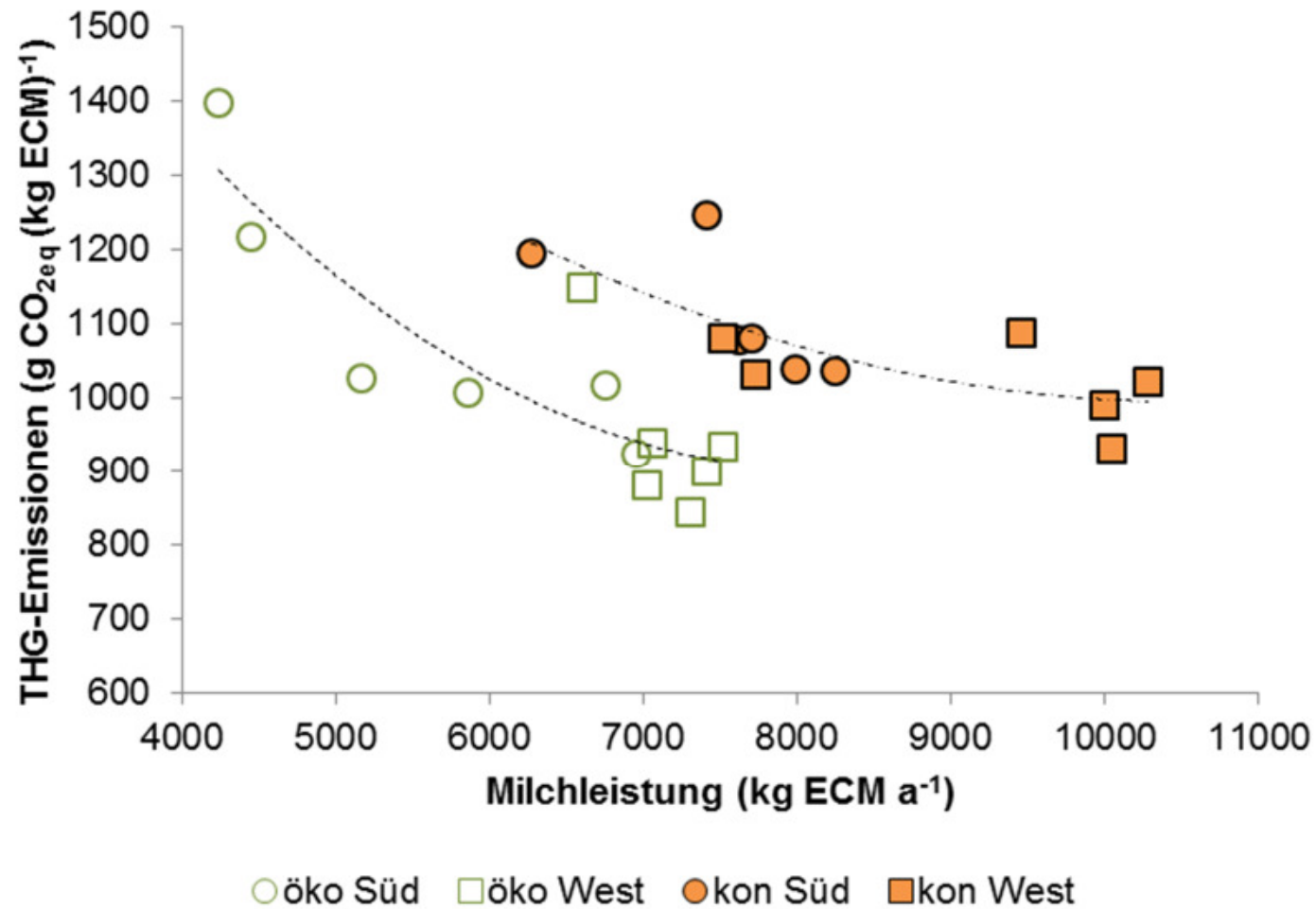








# Beziehung zwischen der Milchleistung und den Treibhausgasemissionen (Frank, Schmid & Hülsgen 2012)





... für die <b>Landwirtschaft</b>	Einzelbetriebliche Auswertungen, regionales Bechmarking, Empfehlungen zur Betriebsoptimierung
... für die <b>Betriebsberatung</b>	Entwicklung und Erprobung von Werkzeugen zur Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsberatung
... für die <b>Politikberatung</b>	Grundlagen für die Nationale Klimaberichterstattung, bessere Datenbasis für die Agrar-Umweltpolitik
... für die <b>Wissenschaft</b>	Aufbau eines einmaligen Monitoringsystems und Datensatzes, Methodenentwicklung



# Was ist der Beitrag der Landtechnik zur Energie- und Ressourceneffizienz?

Prof. Dr. habil. Reiner Brunsch

Symposium „Energieeffizienz der Landtechnik – Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Reduktion“

Braunschweig, 12./13. März 2013

# Zum Begriff „Technik“

- ... die Erkenntnis und Beherrschung der zweckmäßigsten und sparsamsten Mittel und Wege zur Erreichung eines Zieles \*
- ... die Kunst oder Fertigkeit, etwas Bestimmtes in Handwerk, Wissenschaft oder Kunst zu erreichen \*\*
- Die Technik ist die Taktik des ganzen Lebens. Sie ist die innere Form des Verfahrens im Kampf, der mit dem Leben selbst gleichbedeutend ist. \*\*\*
- Jede Maschine *dient* nur einem Verfahren und ist aus dem *Denken dieses Verfahrens* heraus entstanden. \*\*\*

\*Taschenlexikon der Technik, Dieterich, 1949

\*\*Brockhaus, Mensch-Natur-Technik, Bd. 4, 2000

\*\*\*Oswald Spengler „Der Mensch und die Technik“

# Unsere Ernährung bestimmt die Effizienz der eingesetzten Ressourcen in der Lebensmittelkette

- Die Bildung pflanzlicher Biomasse bindet je kg TM 2 kg CO<sub>2</sub> (14 bis 40 t/ha bei heutigen Kulturpflanzen) \*
- Die Nutztiere der Menschheit verzehren heute etwa das 7,5 fache der Trockenmasse (TM) der Weltbevölkerung \*\*
- 2/3 der globalen LN sind Grasland (3,4 Mrd.ha) \*\*\*
- 1/3 der globalen Getreideerzeugung wird verfüttert \*\*\*

\* Schweiger, P. (2004) Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim [www.lap-forchheim.de](http://www.lap-forchheim.de)

\*\* Flachowsky, G. (2007)

\*\*\* FAO (2009) Livestock in the balance

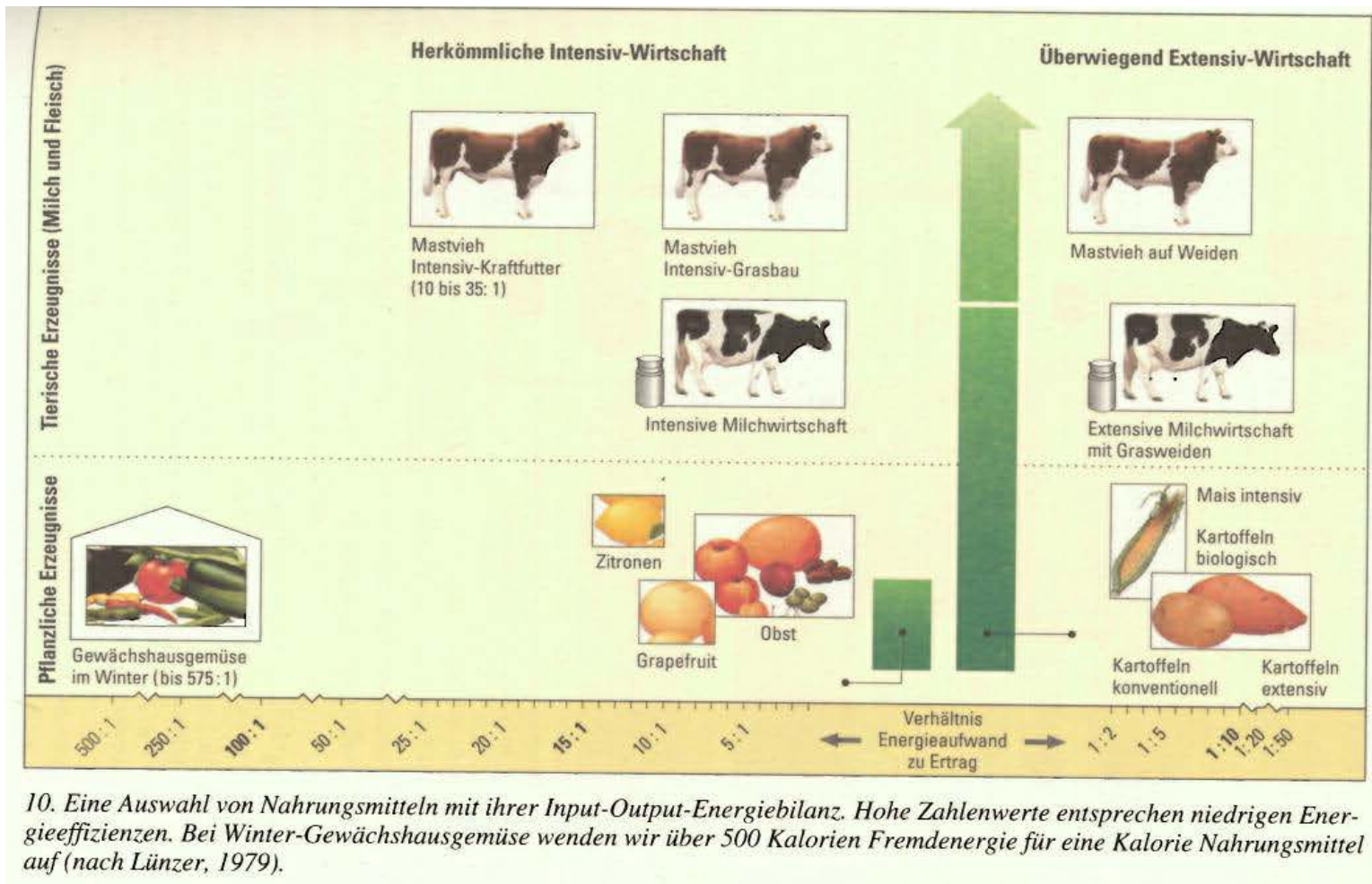


# Veränderung der Bedeutung von Tierprodukten in der Ernährung (1995-2005)

- Global sind Energie und Protein aus Tierprodukten gestiegen um jährlich 1,4 bzw. 1,3%
- In westlichen Industriestaaten konstant oder rückläufig
- Große kulturelle Unterschiede in den sich entwickelnden Ländern (Mongolei vs. Bangladesh)
- Teilweise jährlich 5% Wachstum (z.B. China)
- Anteil Kalorien aus Tierprodukten zwischen 2 und 28% von Gesamtkalorieaufnahme
- Anteil Protein aus Tierprodukten zwischen 6 und 60% von Gesamtproteinaufnahme

Aus: The state of food and agriculture 2009, Livestock in the balance, FAO

# Die Produktionsweise bestimmt den Ressourcenverbrauch



Aus: v.Weizsäcker et al. 1996, Faktor Vier

# Energiequellen der Landwirtschaft

## Ein Blick in die Vergangenheit (1)

### ● Wind und Wasser

- 6,5 Mio. Windräder bzw. -turbinen zwischen 1880 und 1930 in Nordamerika errichtet
- In D (1910) beschränkt; Verfügbarkeit, Verteilung, fehlende Speicher

### ● Menschliche Leistungsfähigkeit

- Spaten 5-8m<sup>2</sup>/h oder 2000 h/ha

### ● Tierische Leistungsfähigkeit

- In D 1850 etwa 3 Mio. Zugrinder und etwa 3,2 Mio. landw. genutzte Pferde (annähernd 1/5 der LN als Futterfläche für Zugtiere)
- Zugrafteinheiten: Pferd 0,8-1,2; Ochse 0,5-0,7; Rind 0,12-0,25
- Göpel für „Innenwirtschaft“

### ● Dampfenergie

- In 2.Hälfte des 19. Jhd. starke Konkurrenz für Zugtiere (erst Hof dann Feld)
- Neue Qualität der Bodenbearbeitung; 1925 rund 1000 Dampfpfluggarnituren, rund 5% der Ackerfläche bearbeitet

Herrmann, K. (2010) Landwirtschaft und Energie im industriellen Zeitalter – ein agrargeschichtlicher Rückblick  
In: Landwirtschaft und Energie, Thaer Heute, Bd. 7, Möglin 2010

# Energiequellen der Landwirtschaft

## Ein Blick in die Vergangenheit (2)

### ● Verbrennungsmotoren

- DLG-Vergleichsprüfungen für Petroleummotoren und Spirituslokomobile 1910
- 1925: 73.380 stationäre Verbrennungsmotoren und 24.118 Motorschlepper und Motorpflüge
- 1939: 143.522 Motoren und 36.761 Ackerschlepper (Kraftstoffversorgung!)

### ● Alternative Kraftstoffe

- Erste Strohfeuerung für Dampfpflüge von Max Eyth entwickelt und eingesetzt
- Spiritus aus Kartoffeln und Rüben vor dem 1. Weltkrieg
- Holzvergasertechnik in Folge Verbots der Abgabe flüssiger Kraftstoffe an Landwirtschaft in D 1942
- „Vielstoffmotoren“ z.B. Lanz von 1921-1956
- Biogas seit den 1920 Jahren

### ● Elektrifizierung

- Max Eyth 1890: „Elektrizität wird einmal zur tragenden Energieform der landwirtschaftlichen Kraftversorgung“
- Elektropflüge von Siemens und AEG zu Beginn des 20. Jhd.
- Elektrifizierung des ländlichen Raumes führte zu immer neuen Anwendungen, teilweise gefördert durch begünstigte Tarife

Herrmann, K. (2010) Landwirtschaft und Energie im industriellen Zeitalter – ein agrargeschichtlicher Rückblick  
In: Landwirtschaft und Energie, Thaer Heute, Bd. 7, Möglin 2010

# Mechanisierungserfolge

## ● Arbeitseinsatz pro Hektar Getreide \*

- 1900: 438 Stunden
- 1950: 179 Stunden
- 2000: 13 Stunden

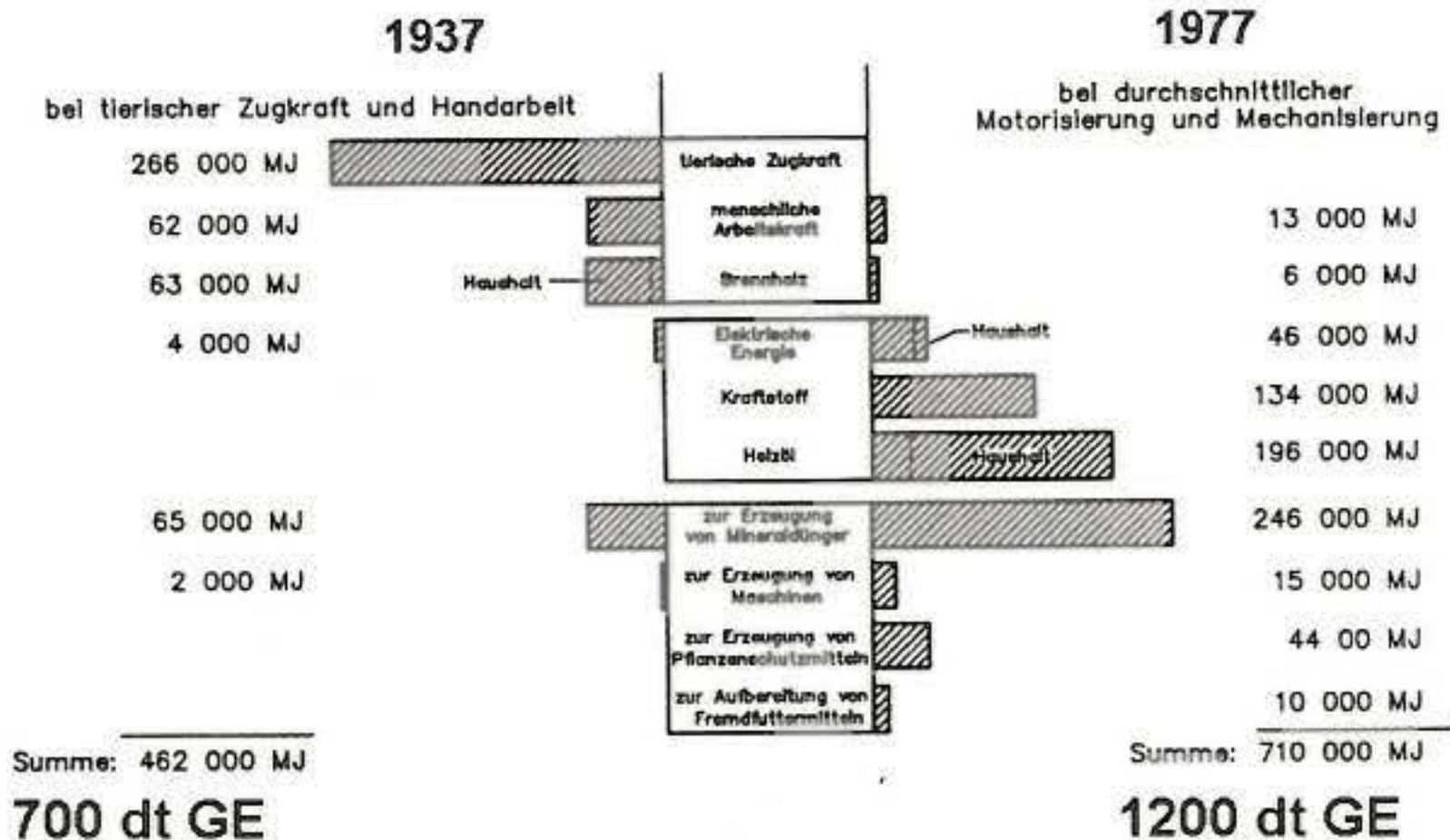
## ● Arbeitskräftebesatz nach Betriebsgröße (1933) \*\*

- 2-5 ha: 65 Beschäftigte auf 100 ha Nutzland
- 5-10 ha: 47
- 10-20 ha: 29
- 20-50 ha: 19
- 50-100 ha: 15
- 100-200 ha: 15
- 200-500 ha: 14

\* Ressourceneffizienz: Fragen und Antworten, FNL [www.fnl.de](http://www.fnl.de)

\*\* Ries (1942): Die Arbeit in der Landwirtschaft

# Die Quellen der Energie ändern sich



Energieverbrauch eines 30-ha-Betriebes (aus Boxberger & Moitzi, 2008)



# Direkter Energieeinsatz in der Landwirtschaft

- Statistische Daten weisen für die Land- und Forstwirtschaft der EU-27 im Jahr 2008 einen Energieeinsatz von 1071 PJ (final energy consumption) aus, das waren 2,2% des volkswirtschaftlichen Gesamtverbrauches (Eurostat) \*
- In Deutschlands Landwirtschaft wurden in den letzten Jahren (2005-2011) jährlich reichlich 1,6 Mio Tonnen Dieselkraftstoff eingesetzt (ca. 5% des nat. Gesamtverbrauches) \*\*
- Der statistisch dem Sektor zugeordnete Energieeinsatz ist höchstens 50% des tatsächlichen Energiebedarfs der landw. Produktion \*

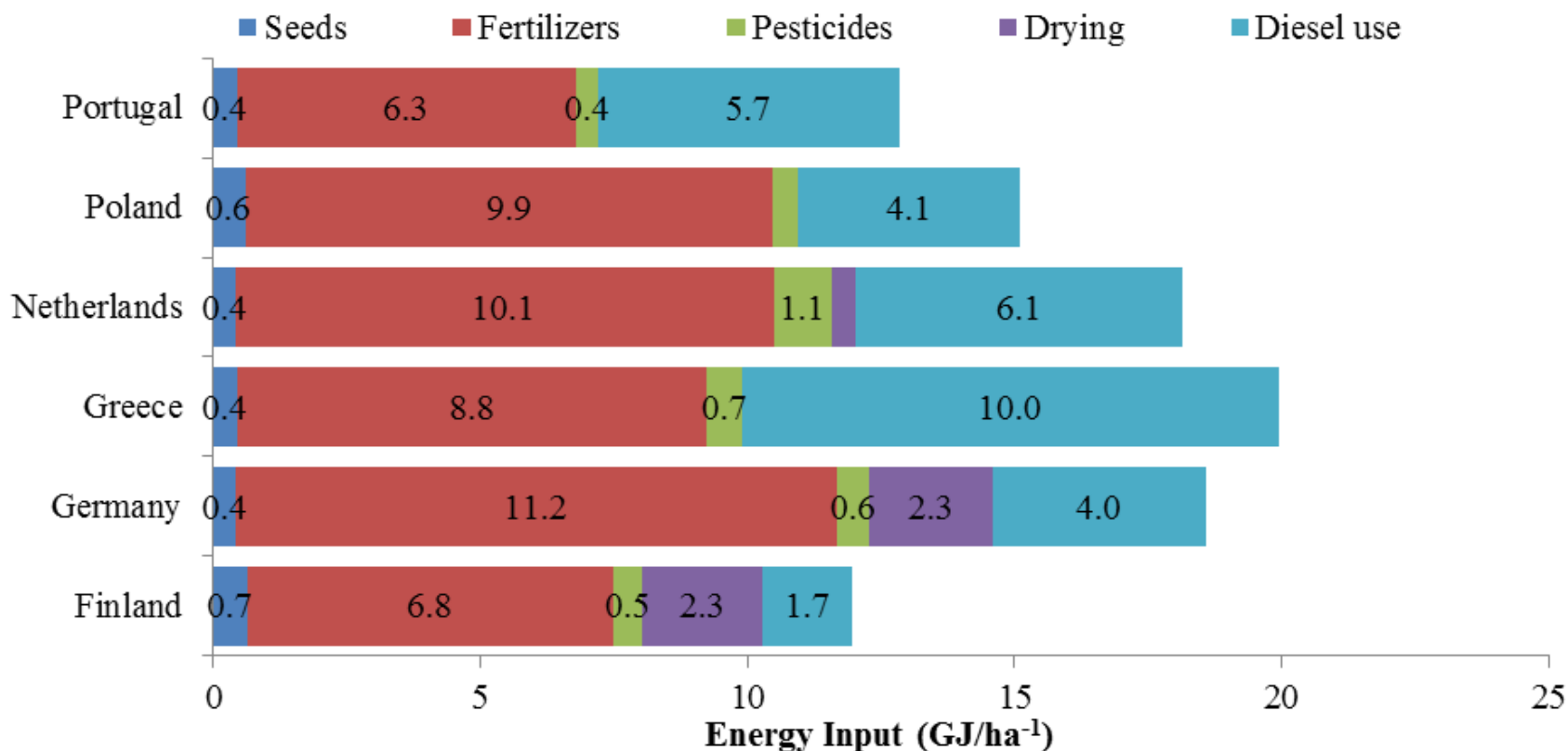
\*State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture, 2012

[http://www.agree.aua.gr/Files/Agree\\_State.pdf](http://www.agree.aua.gr/Files/Agree_State.pdf)

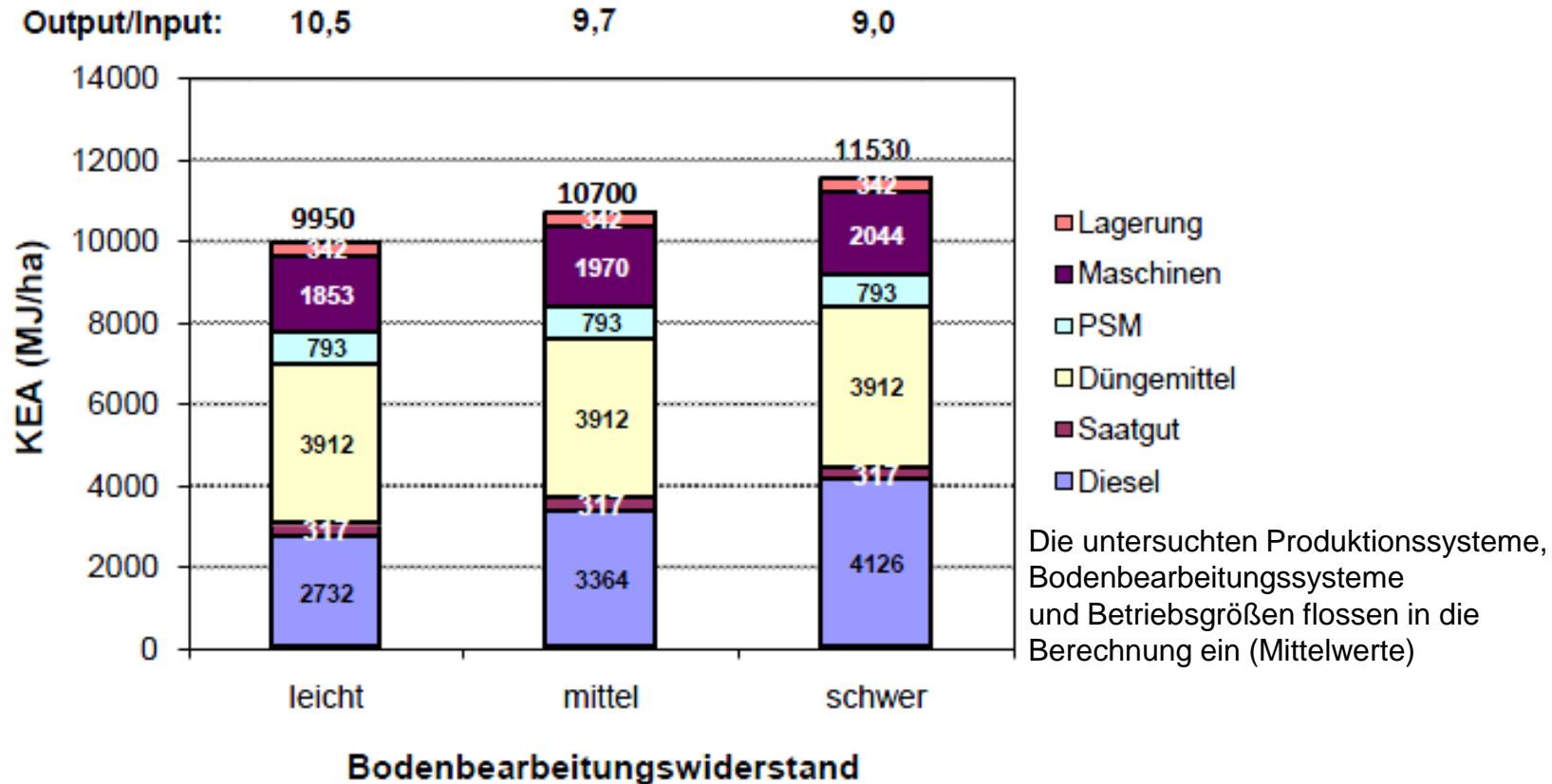
\*\*Mineralölwirtschaftsverband

[http://www.mwv.de/upload/Publikationen/dateien/2011\\_JB\\_Endfassung\\_Internet\\_cp2dg2sNbpnYyDX.pdf](http://www.mwv.de/upload/Publikationen/dateien/2011_JB_Endfassung_Internet_cp2dg2sNbpnYyDX.pdf)

# Struktur des Energieeinsatzes in der Weizenproduktion



# KEA Weizenproduktion in Abhängigkeit der Bodenschwere



Biedermann, G. (2009): Kumulierter Energieaufwand (KEA) der Weizenproduktion bei verschiedenen Produktionssystemen (konventionell und ökologisch) und verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen (Pflug, Mulchsaat, Direktsaat), Diplomarbeit, BOKU Wien

# David gegen Goliath



# David gegen Goliath

## Drei Avero 240 gegen einen Lexion 600

	Team A	Team B
Flächengröße	32,03	32,09
Flächenleistung	5,91 ha/h	6,11 ha/h
Verlustniveau	<0,5 %	<0,5 %
Druschmenge	210,68 t	209,02 t
Durchsatzleistung	40,13 t/h	39,81 t/h
Dieserverbrauch	502 l (15,7 l/ha)	530 l (16,5 l/ha)

Aus: Profi 03/2010



# Oldtimer gegen „Neuzeitler“

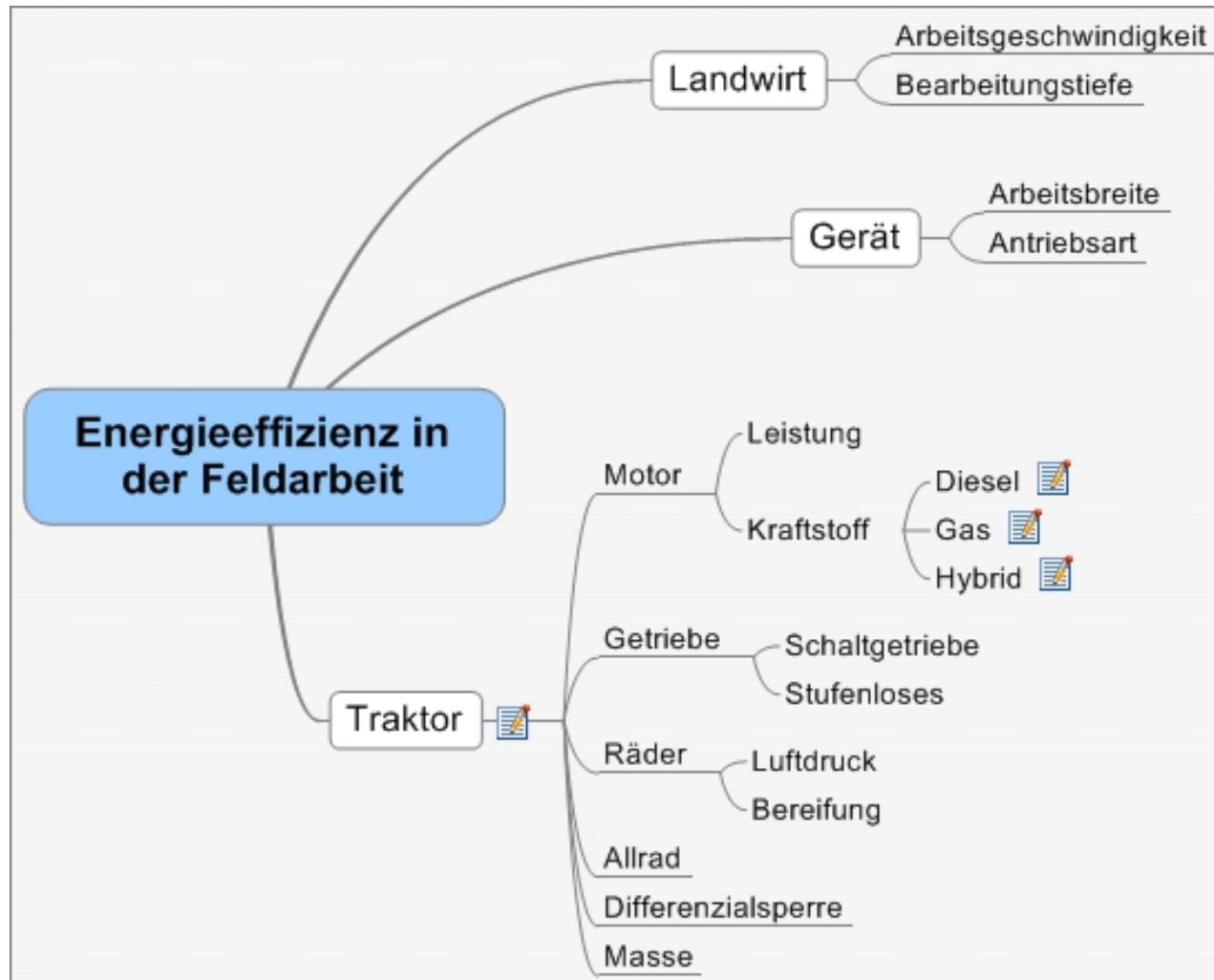
● MF 630 Baujahr 1960

● MF Aktiva Baujahr 2011



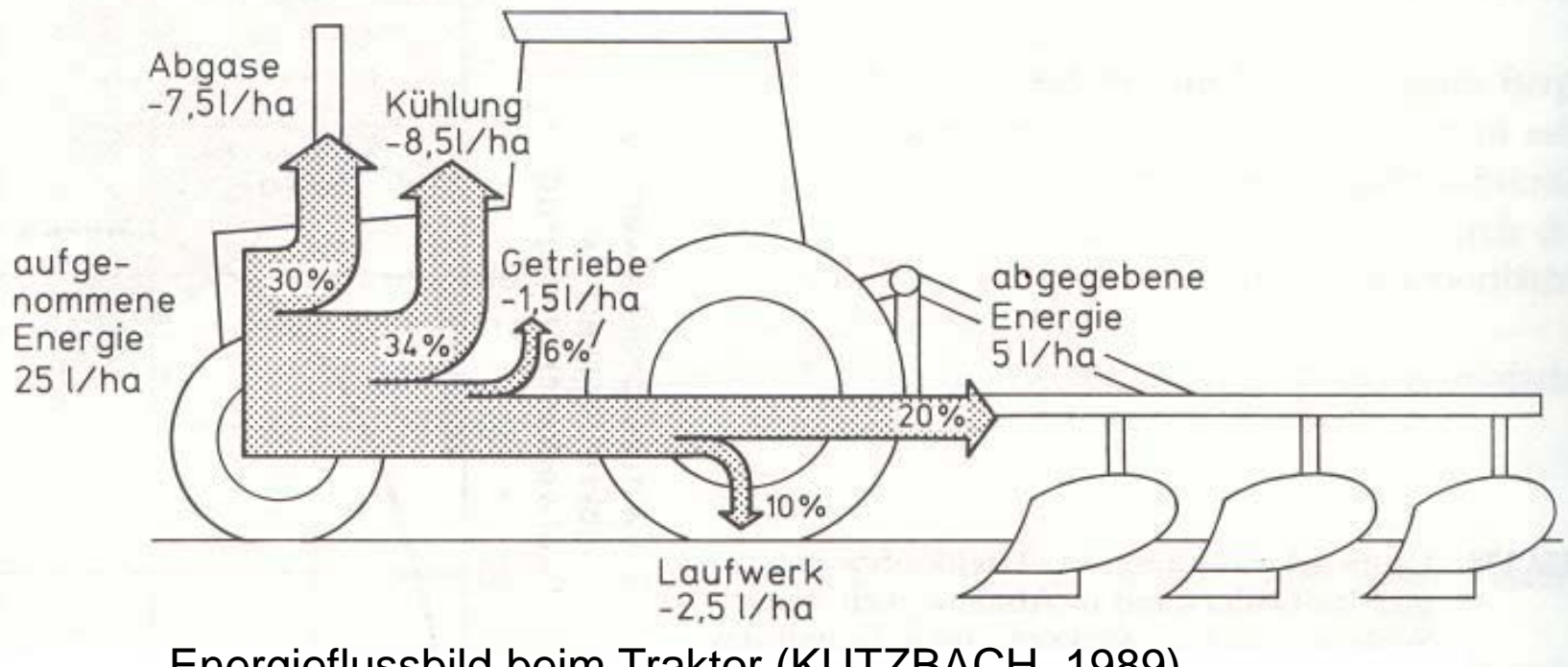


# Aspekte der Energieeffizienz bei Feldarbeit



# Wirkungsgrade

$\eta_e$ : Motorwirkungsgrad (20 – 30 %)  
 $\eta_G$ : Getriebewirkungsgrad (80 – 85 %)  
 $\eta_L$ : Laufwerkwirkungsgrad (65 % bei 10 % Schlupf)



Energieflussbild beim Traktor (KUTZBACH, 1989)

Aus: Moitzi, G. (2006) Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung, *Ländlicher Raum*  
Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

# Bodeneinfluss und Kraftstoffverbrauch

- „Es bleibt festzuhalten, dass der Bodeneinfluss auf den Zugkraftbedarf und damit auf den Kraftstoffverbrauch bei **schweren Zugarbeiten** den der Reifen überwiegt.
- Bei **leichtzügigen Arbeiten** ist hingegen der der Reifen-Boden-Einfluss von größerer Bedeutung.
- Bei **Pflegearbeiten** tritt gar keine Zugkraft auf, weshalb der Boden lediglich das Triebkraftverhalten und nur dadurch den Kraftstoffverbrauch beeinflussen kann.“

Schreiber, Matthias (2006): Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern im besonderen Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Emissionen, Dissertation, Hohenheim

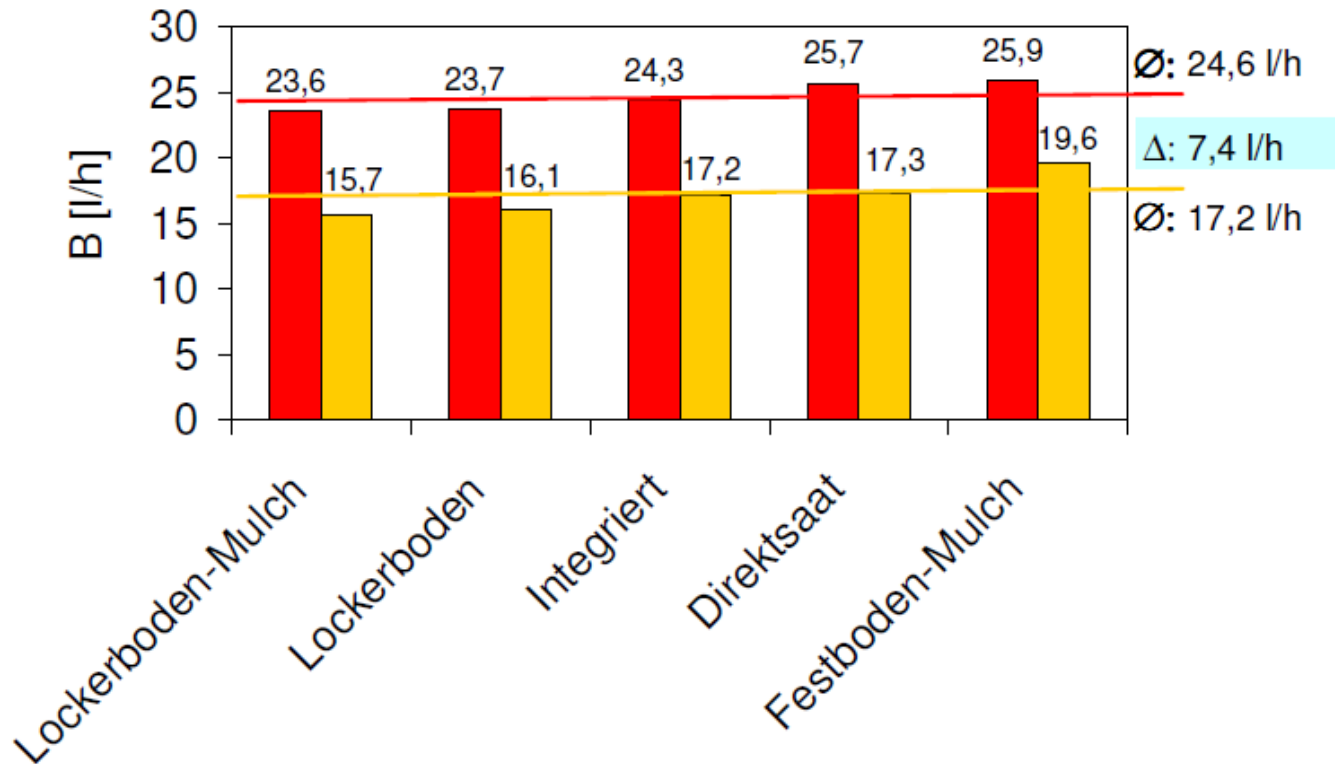
# Kraftstoffeinsparpotenzial

Maßnahme	Einsparung
Richtige Schleppermasse	bis zu 10 %
Richtige Radlastverteilung	bis zu 2 %
Richtige Bereifung und Luftdruck	bis zu 8 %
Wahl des richtigen Ganges	bis zu 26 %
Schlepper-Geräte-Kombination	bis zu 20 %
Anpassung der Fahrgeschwindigkeit	bis zu 8 %
Zuschalten von Allradantrieb	bis zu 8 %
Zuschalten von Differenzialsperren	bis zu 5 %
Fahren quer zur Hangneigung	bis zu 5 %

Maximale Summe unter Praxisbedingungen ca. 30%

Schreiber, Matthias (2006): Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern  
im besonderen Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Emissionen, Dissertation, Hohenheim

# Einflussgröße Fahrstrategie



Steyr 9125a (92 kW) mit Unterbodenlockerer 4 feste Zinken, 3 m Arbeitsbreite

2 Versuchsfahrten: 1. Gang, 4. Lastschaltstufe,  $v_F = 4,7 \text{ km/h}$ ,  $n_M = 2.300 \text{ Upm}$

2 Versuchsfahrten: 2. Gang, 1. Lastschaltstufe,  $v_F = 4,5 \text{ km/h}$ ,  $n_M = 1.700 \text{ Upm}$

Aus: Moitzi, G. (2006) Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung, *Ländlicher Raum*  
 Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

# Bearbeitungstiefe

- Pflanzenartenspezifische Ansprüche
- Jeder cm Bearbeitungstiefe „kostet“ beim Pflügen 0,5 bis 1,5 l Diesel/ha \*

\* Moitzi, G. (2006) Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung, *Ländlicher Raum*  
Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

# Geschwindigkeit

## ● Elemente im System

- Der/das Langsamste bestimmt die Systemgeschwindigkeit
- Fahrgeschwindigkeit und –verhalten (Optimum?)

## ● Unabhängige Elemente

- Zugkraftbedarf beim Pflügen nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu \*
- Beschleunigen und Bremsen

## ● Transporte

- Traktor oder LKW

\* Kalk & Bosse (1981) in Agrartechnik Heft 8

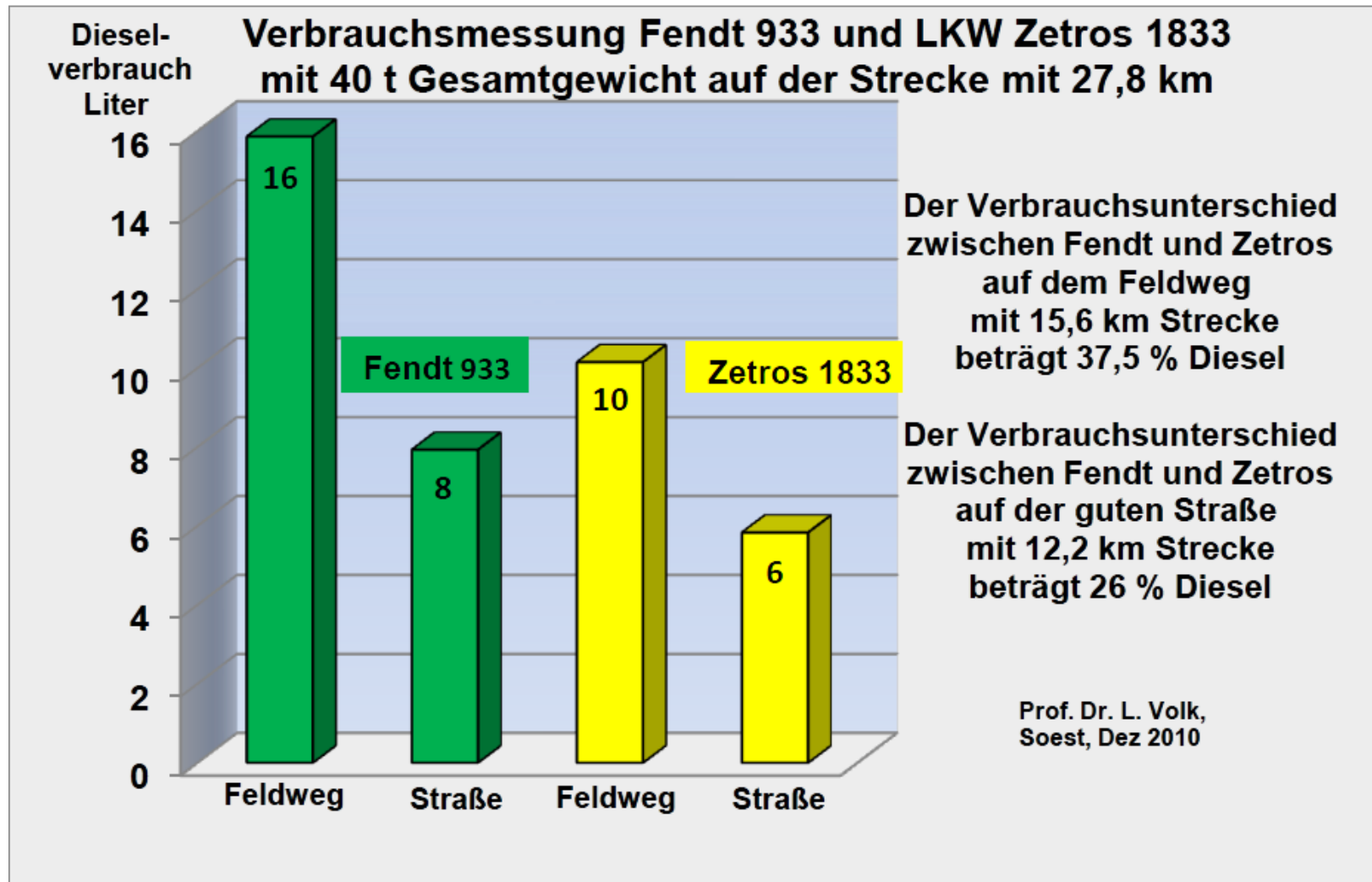


# Traktor oder LKW



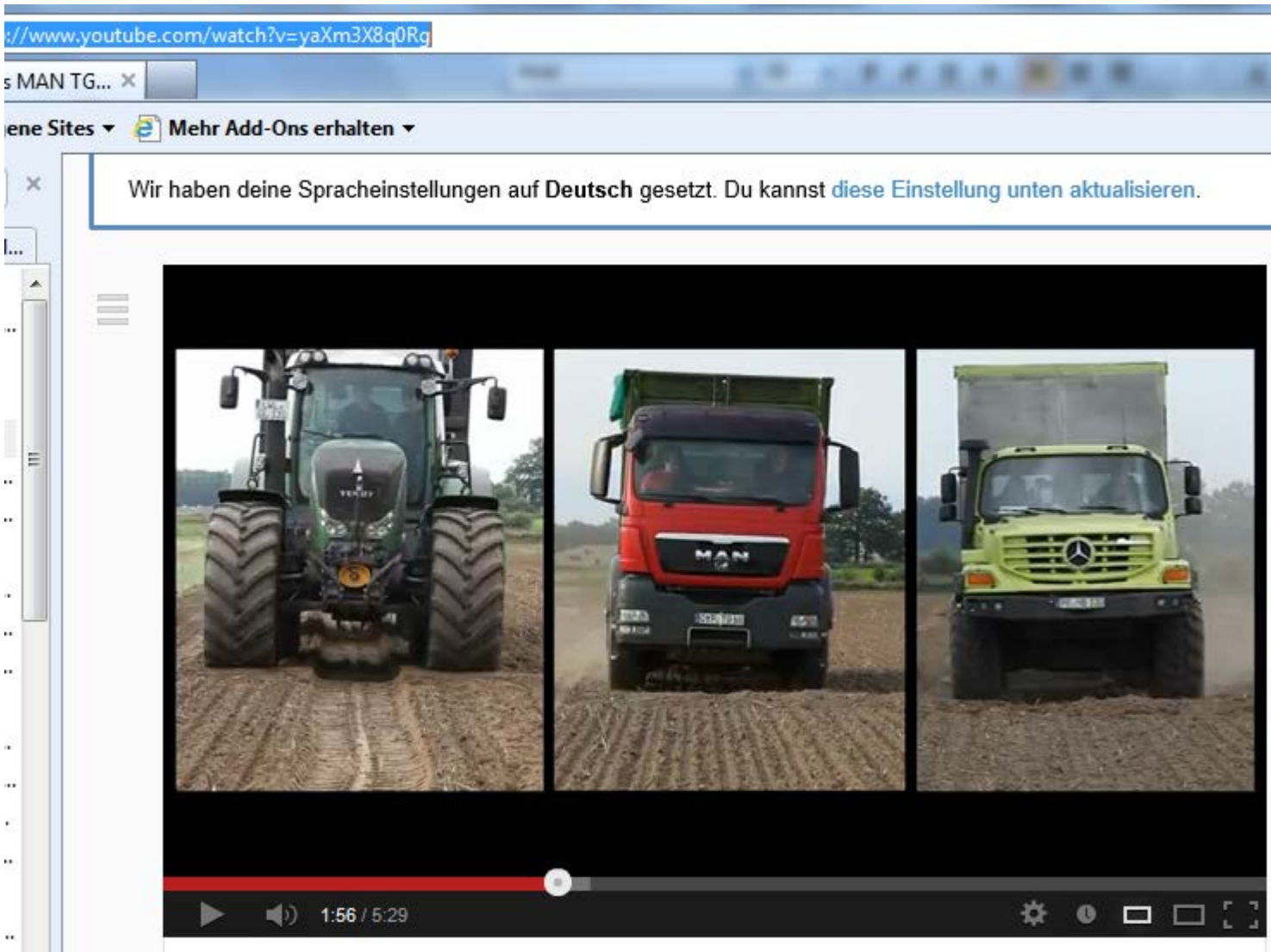
Volk (2010) Lkw Mercedes Zetros 1833 versus Traktor Fendt 933

# Dieserverbrauch bei Transportfahrten



Volk (2010) Lkw Mercedes Zetros 1833 versus Traktor Fendt 933

# Neuere Ergebnisse zum anschauen



# Beeinflussung des Kraftstoffaufwandes

Der durchschnittliche Kraftstoffaufwand [l/ha] für einen Feldarbeitsgang ist das Produkt auf den beiden Hauptfaktoren:

***mittlerer Kraftstoffverbrauch [l/h] x Arbeitszeitaufwand [h/ha]***



- Nennleistung [kW]
- Motorauslastung [%]
- spez. Kraftstoffverbrauch [l/kWh]



- Arbeitsbreite [m]
- Fahrgeschwindigkeit [km/h]
- Nutzungskoeffizient

Aus: Moitzi, G. (2006) Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung, *Ländlicher Raum*  
Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

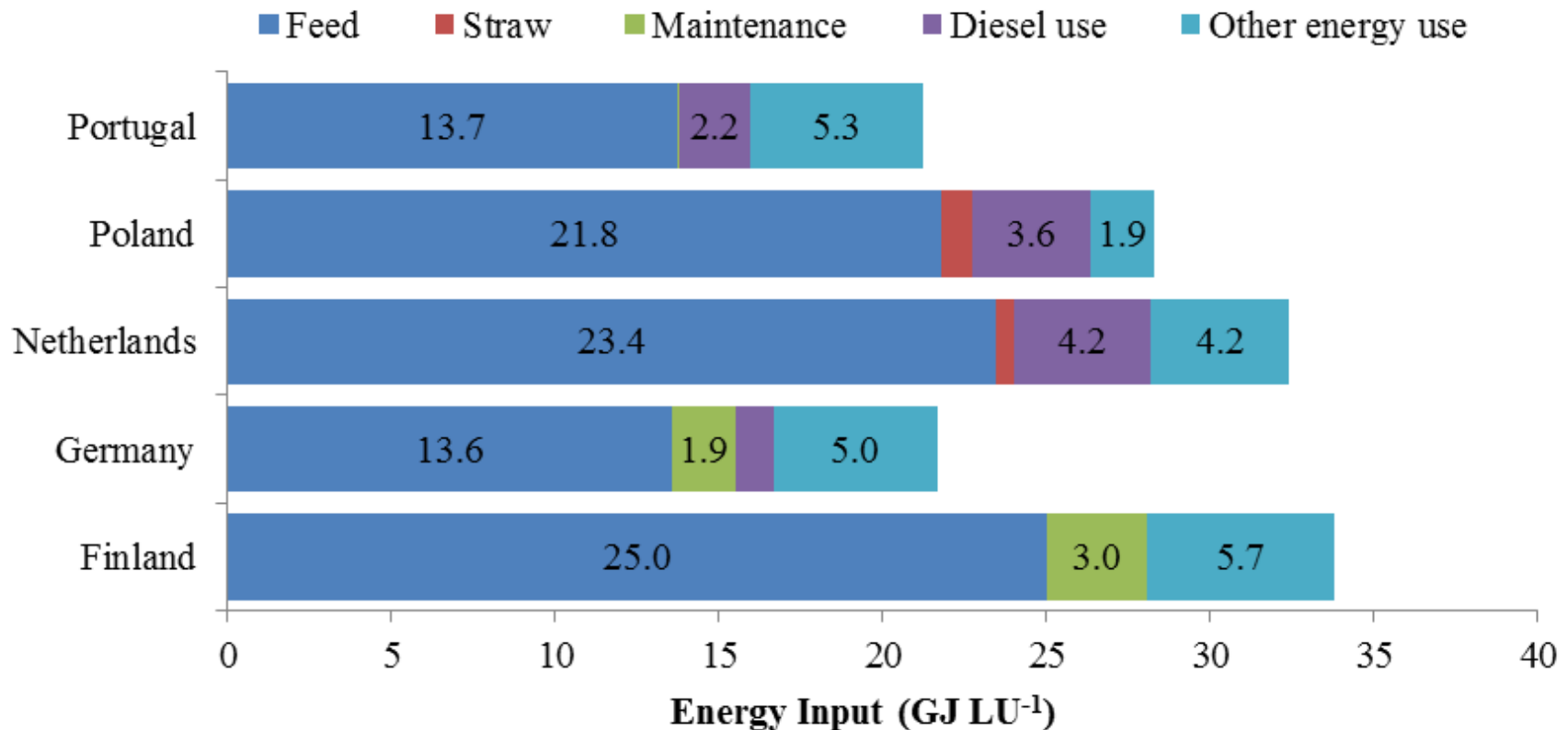
# Bewertung von Leistungsdaten von 260 DLG-geprüften Traktoren nach der OECD-Norm (HOLZ, 2002)

Bewertung	sehr gut	gut	mittel	un- befriedigend	sehr schlecht
Ø spez. Kraftstoffverbrauch*) [g/kWh]	270 – 295	296 - 319	320 – 340	341 - 360	361 – 399
Ø Motorwirkungsgrad [%]	30		26		21
Zugleistung in [%] der Nennleistung	> 90	89 - 84	82 - 76	77 - 71	70 - 64
Zapfwellenleistung in [%] der Nennleistung	100 - 95	94 - 90	89 - 85	84 - 80	79 - 74

\*) Durchschnitt der 6 Messpunkte auf der Abregelkurve (100 %, 85 %, 63,8 %, 42,5 %, 21,3 % der Nennleistung sowie bei unbelastetem Motor)

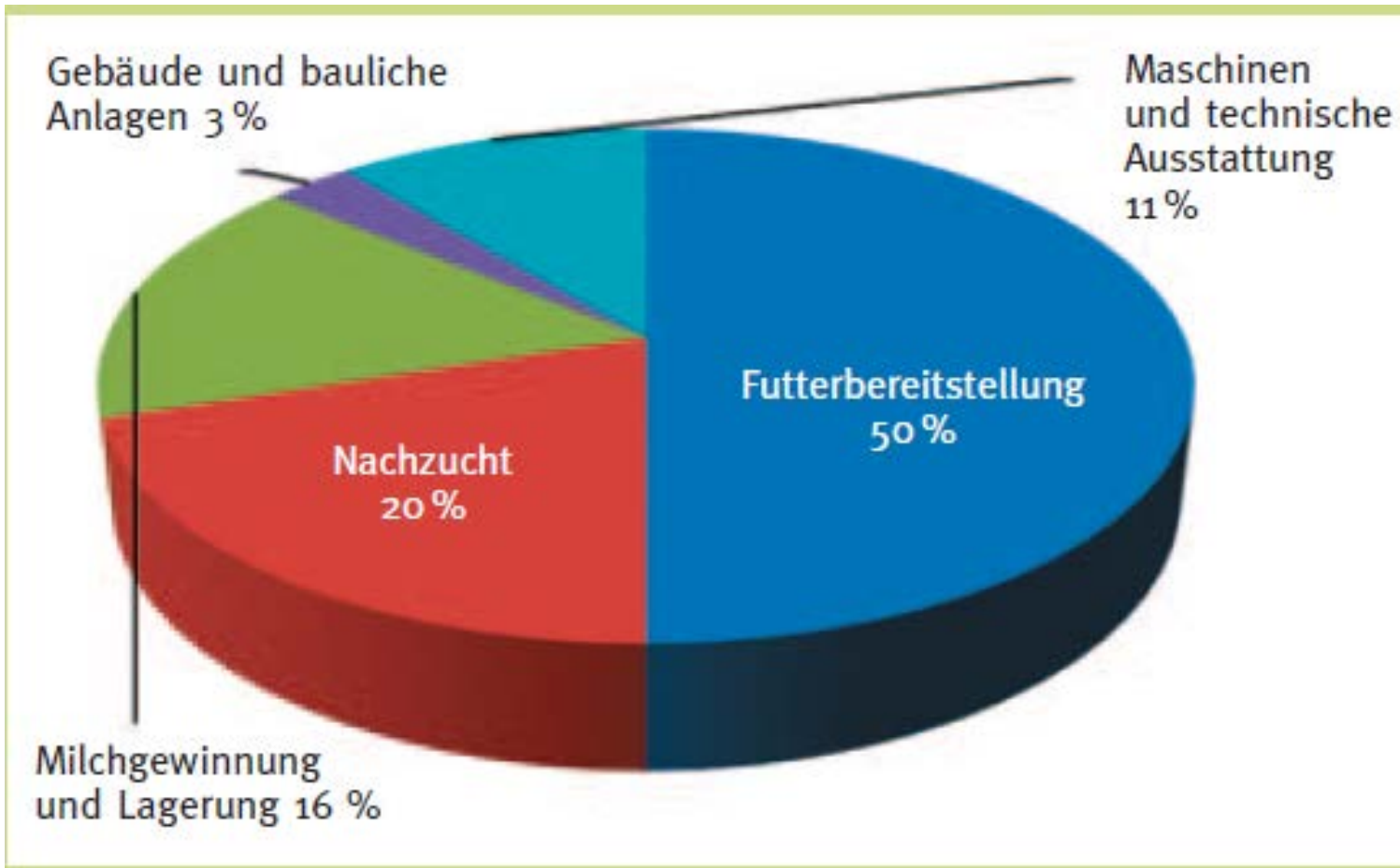
Aus: Moitzi, G. (2006) Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung, *Ländlicher Raum*  
Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

# Struktur des Energieeinsatzes in der Milchproduktion



# KEA Milch

## Prozentualer Anteil des Energieaufwandes



Nach KRAATZ, S. (2009) Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung am Beispiel der Milchviehhaltung, Dissertation, Berlin



# KTBL auf dem Erlebnisbauernhof der Internationalen Grünen Woche 2013



# Zusammenfassung

- Landwirtschaftliche Produktion braucht „Kraft“
- Quellen der „Kraft“ unterliegen einem historischen und gesellschaftlichen Wandel
- Alle wesentlichen Zusammenhänge (der rationellen Landwirtschaft) sind seit ca. 150 Jahren bekannt
- Landwirtschaft kann positive Energiebilanz haben
- Ressourcenverbrauch hängt wesentlich vom Umfang der Tierhaltung ab
- Ernährungsverhalten bestimmt die Produktionsumfänge
- Offenlegung der Naturalzusammenhänge wichtig
- Energetische Bewertung von Nahrungsketten deckt die wichtigen „Verbraucher“ auf
- Maschine wird erst durch bewussten Einsatz rationell







Technische  
Universität  
Braunschweig



## Prozess / Maschinen / Verfahren - Zur ganzheitlichen Bewertung von Landmaschinen

Prof. Dr. Ludger Frerichs, Dipl.-Ing. Jens Schröter  
Braunschweig, 13. März 2013

# Gliederung

- **Das landwirtschaftliche Produktionssystem**
- **Komplexität der Verfahrensketten**
- **Schlüsselgrößen im Verfahren**
- **Effizienzbetrachtung**
- **Modellierung des Systems**
- **Zusammenfassung**

# Gliederung

- **Das landwirtschaftliche Produktionssystem**
- Komplexität der Verfahrensketten
- Schlüsselgrößen im Verfahren
- Effizienzbetrachtung
- Modellierung des Systems
- Zusammenfassung

# Von den Alten lernen !?



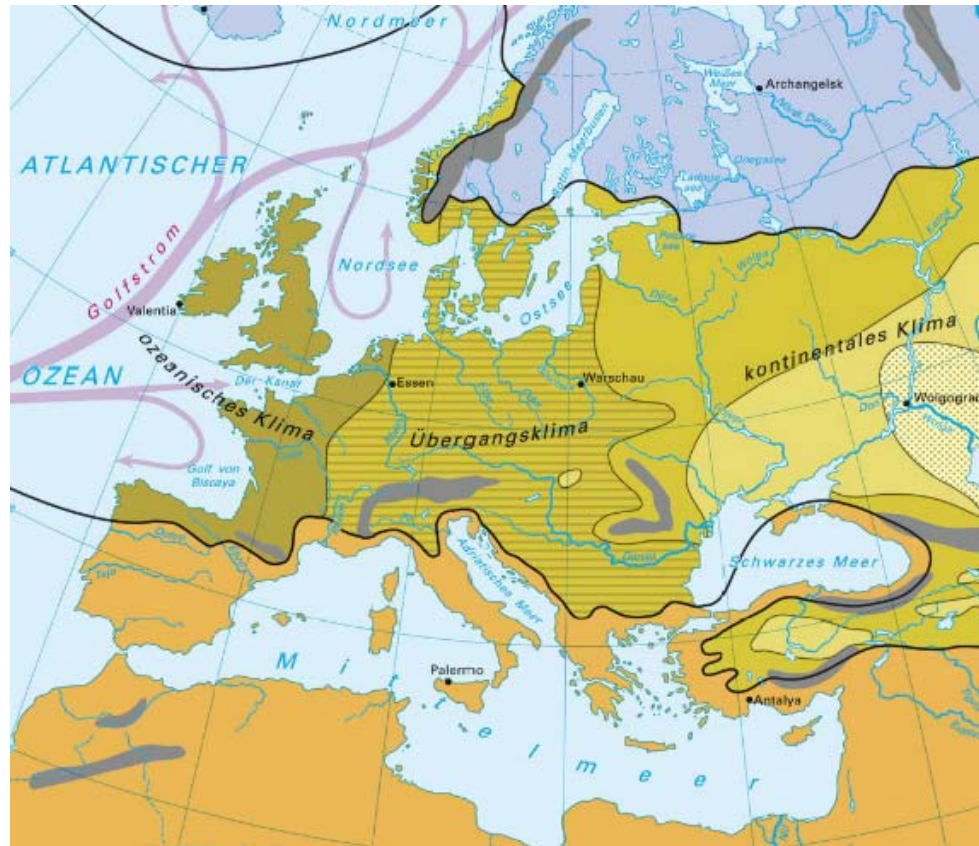
[Thünen-Museum, Tellow]

## Thünen'sche Kreise, 1826

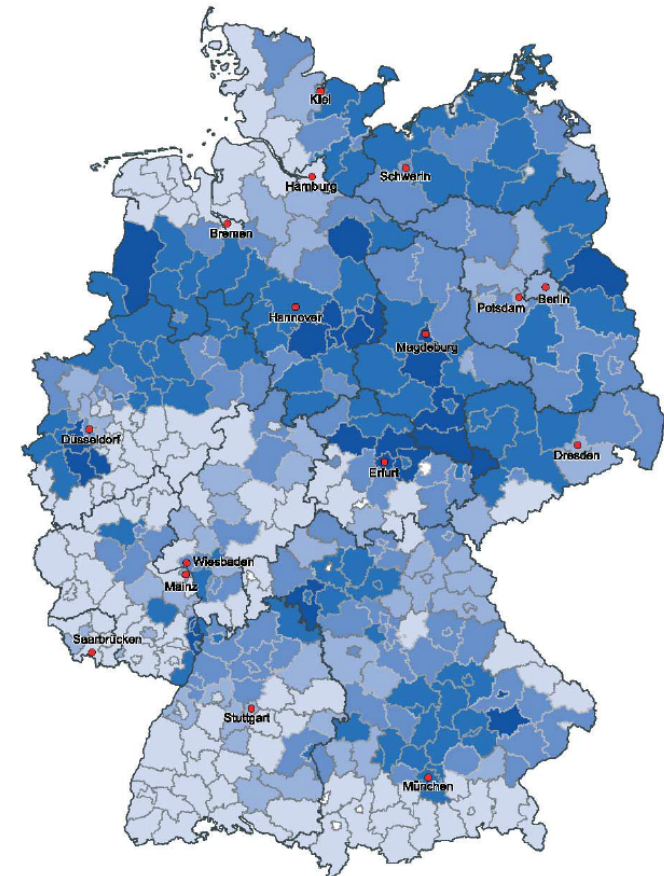
Die Herleitung der landwirtschaftlichen Nutzung erfolgt insbesondere aus der Transportentfernung zum Markt. Die Bodennutzung geschieht danach räumlich in Form und Intensität differenziert.



# Klima und Agrarstrukturen schaffen Rahmenbedingungen



Klimazonen in Europa



Anteil des Ackerlandes an landwirtschaftlich genutzter Fläche, Ø 70,9 %

[Bilder Haack Weltatlas 2008, Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2010]



# Das landwirtschaftliche Konzept und die eingesetzte Technik bestimmen den Energieaufwand



Pflugeinsatz nach dem Zwischenfruchtanbau



Striegel zur Unkrautbekämpfung im Sojafeld

[Bilder Lemken, LfL]

# Einflüsse auf das landwirtschaftliche Produktionssystem

## Wachstumsbedingungen

- Klimatische Bedingungen
- Region
- Bodenqualität
- Wasserversorgung
- Fruchtfolgen
- Saatgut
- Nährstoffversorgung
- Pflanzenschutz
- ...

## Historische und politische Rahmenbedingungen

- Agrarstrukturen
- Eigentumsverhältnisse
- Agrarordnung
- ...

## Einflussbereich der Technik

### Arbeitsbedingungen

- Arbeitskomfort
- Automatisierung
- Wartung
- Ausfallsicherheit

### Technologische Parameter

- Arbeitsgeschwindigkeit
- Arbeitsbreite
- Kombination von Arbeitsoperationen
- Transportkapazitäten
- Nebenzeiten

### Arbeitsorganisation

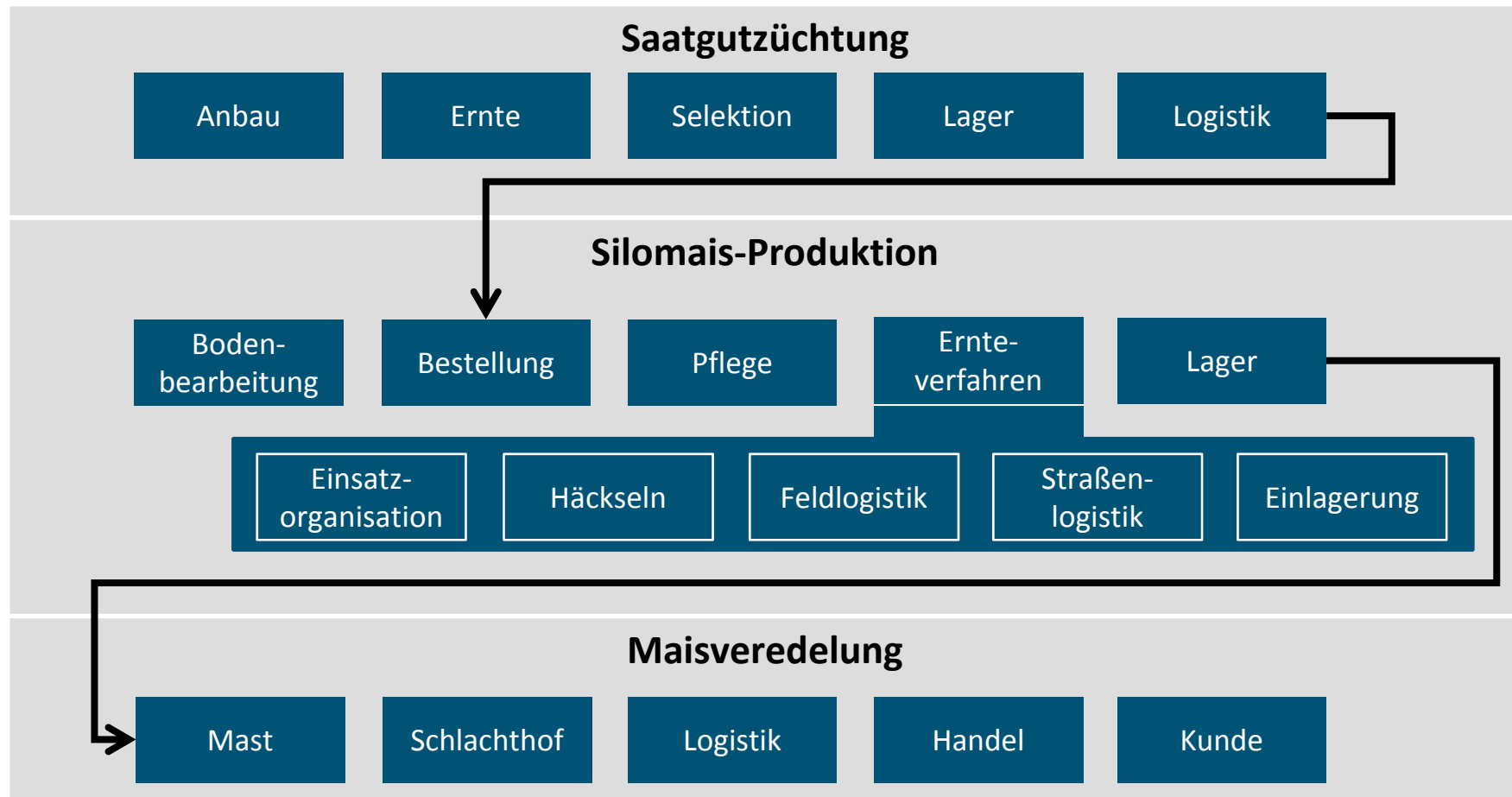
- Einsatzorganisation
- Maschinenausnutzung
- Instandhaltung
- Qualifikation der Arbeitskräfte
- Weiterbildung

...

# Gliederung

- Das landwirtschaftliche Produktionssystem
- **Komplexität der Verfahrensketten**
- Schlüsselgrößen im Verfahren
- Effizienzbetrachtung
- Modellierung des Systems
- Zusammenfassung

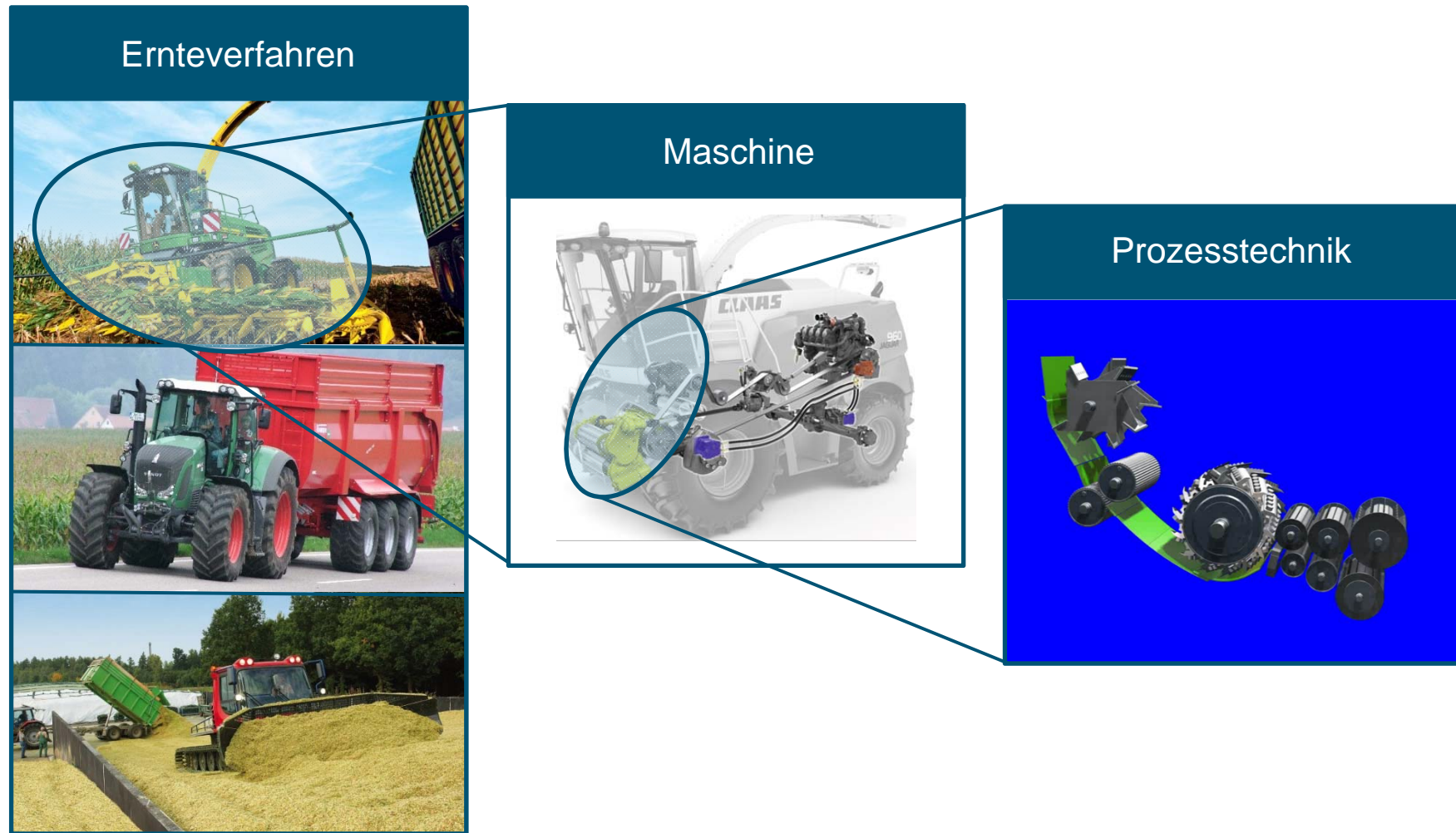
# Komplexität der Verfahrensketten: In der horizontalen Breite



Silomaisproduktion mit vor- und nachgelagerten Verfahrensschritten, vereinfachte Darstellung



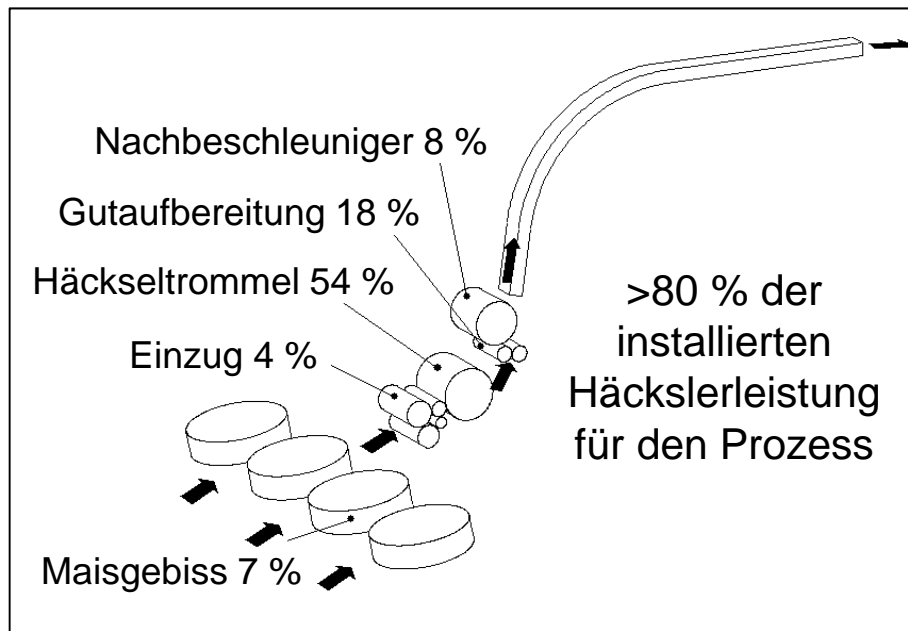
# Komplexität der Verfahrenskette: In der vertikalen Tiefe



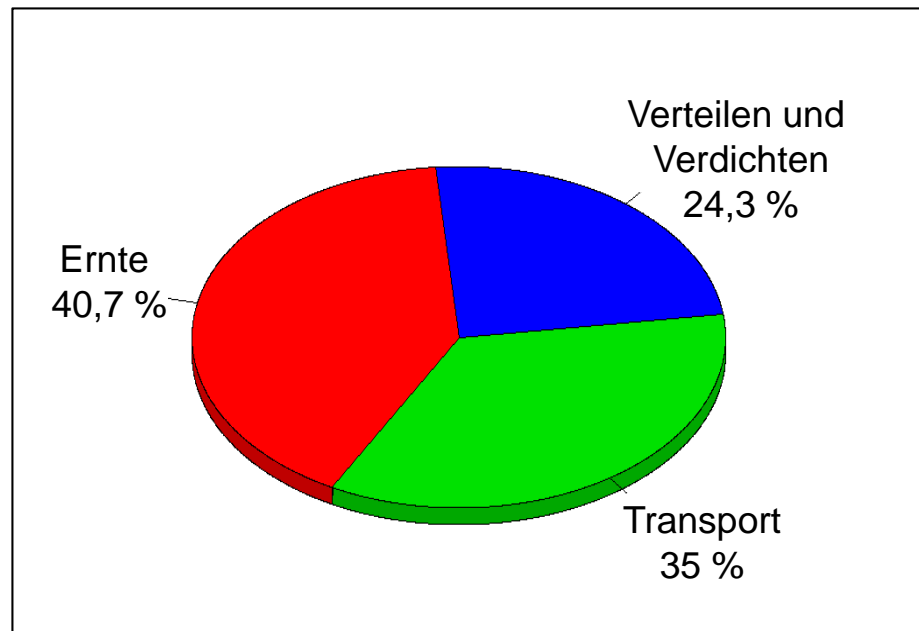
[Bilder John Deere, Fendt, Pistenbully, CLAAS, Krone]



# Aufwandsverteilung in Prozess und Verfahren



**Leistungsaufteilung im Feldhäcksler**  
Gemessenen Werte einer Silomaisernte



**Kostenaufteilung in der Halmgut-Erntekette**  
Beispielsimulation einer Silomaisernte

**Die ökonomischen und der energetische Aufwände - und damit die Reduktionspotenziale - finden sich in der horizontalen wie in der vertikalen Ausprägung der Verfahrensketten**

[Garbers/Frerichs 2001, Sonnen 2006]

# Gliederung

- Das landwirtschaftliche Produktionssystem
- Komplexität der Verfahrensketten
- **Schlüsselgrößen im Verfahren**
- Effizienzbetrachtung
- Modellierung des Systems
- Zusammenfassung

# Was sind die Schlüsselgrößen?

am Beispiel der Häckselkette

**Timing**



**Speed**



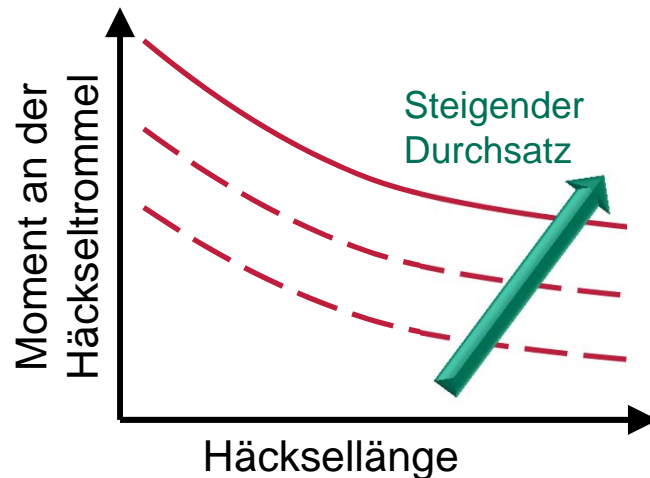
**Quality**



[Bilder Elite, LU.WEB, Maisadour]

# Einfluss einzelner Parameter – Häcksellänge

## Energiebedarf:



## Milchleistung:

### Kurze HL:

- Erhöhte Futteraufnahme
- Erhöhte Milchleistung

### Lange HL:

- Höhere Strukturwerte
- Verringeres Aufkommen von Labmagenverlagerungen

## Verdichtbarkeit und Gasausbeute:

### Kurze HL:

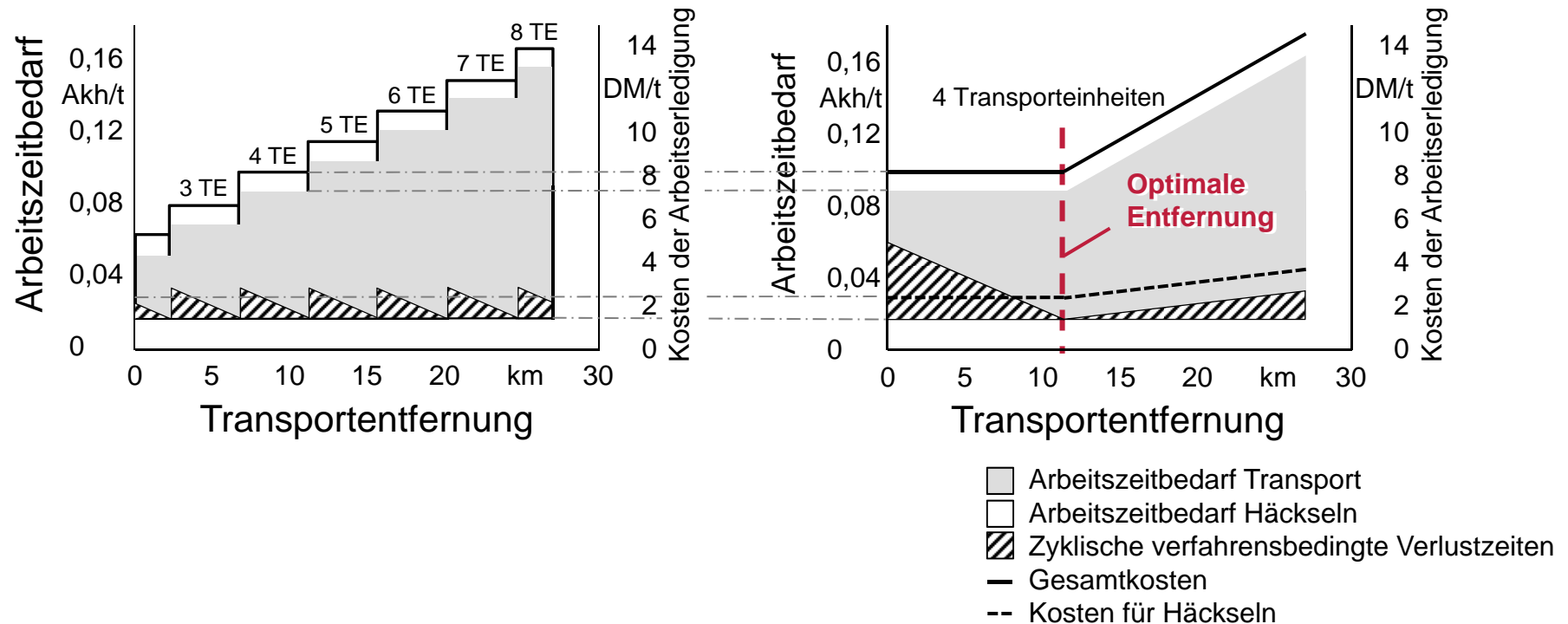
- Bessere Verdichtbarkeit
- Größere Menge an Sickersäften
- Belastung von Umwelt und Baumaterialien

### Lange HL:

- Geringere Verdichtbarkeit
- Schlechtere Konservierung
- Geringere Gasausbeute
- Nacherwärmung (Energieverluste)

Je größer der TM-Gehalt, umso kürzer sollte die Häcksellänge gewählt werden!

# Einfluss einzelner Parameter – Agrarstruktur



Einfluss der Transportentfernung und der Transporteinheitenanzahl auf die Wirtschaftlichkeit einer Häckselkette

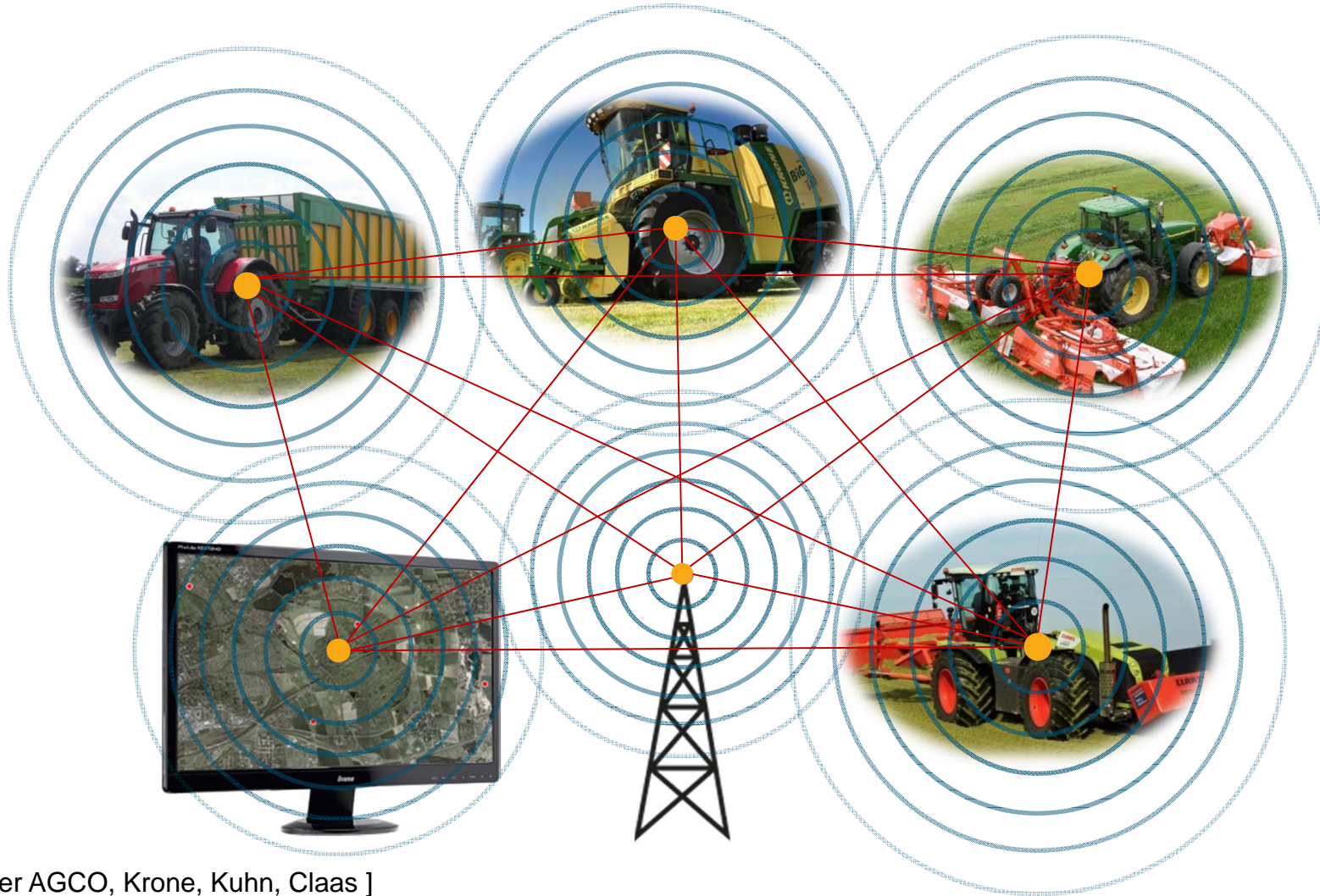
**Einsatzplanung spielt eine entscheidende Rolle für die Effizienzbetrachtung von Verfahren!**

[nach Herrmann 1999]



# Einfluss einzelner Parameter – Information und Kommunikation

CPS (Cyber-Physical-Systems) halten Einzug in die Landwirtschaft



[Bilder AGCO, Krone, Kuhn, Claas ]



# Gliederung

- Das landwirtschaftliche Produktionssystem
- Komplexität der Verfahrensketten
- Schlüsselgrößen im Verfahren
- **Effizienzbetrachtung**
- Modellierung des Systems
- Zusammenfassung

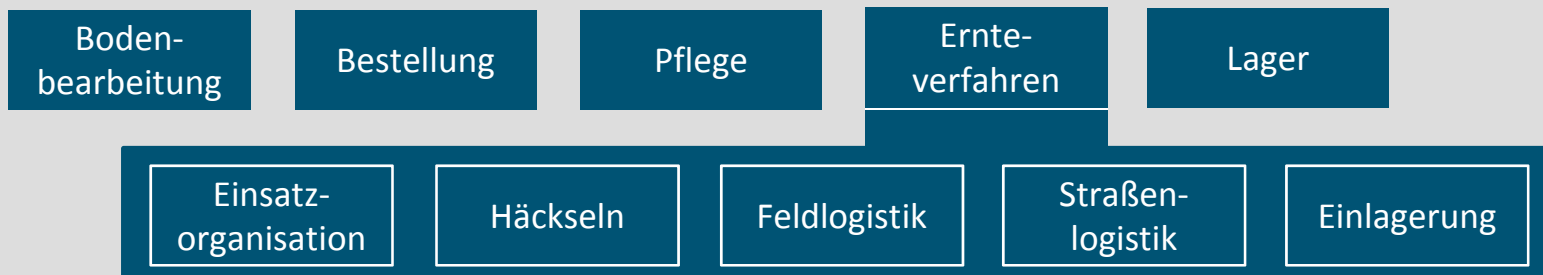
# Effizienz berücksichtigt den quantitativen und den qualitativen Erfolg

**Effizienz:** Verhältnis von Nutzen zu Mitteleinsatz

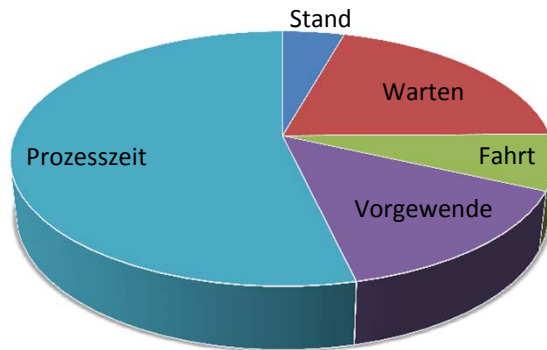
**Mitteleinsatz:** Aufwand an Energie oder Emission, Zeit, Geld, ...

**Nutzen:** Erfolg in Quantität und Qualität

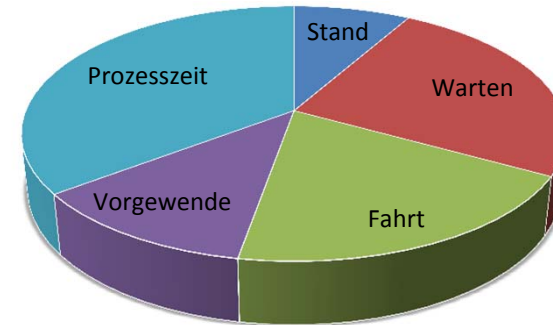
## Silomais-Produktion



# Berücksichtigung der einsatzbedingten Zeitanteile



Bsp. Norddeutschland



Bsp. Süddeutschland

Zeitanteile Betriebszustände

Fahrtrouten und Feldergrößen



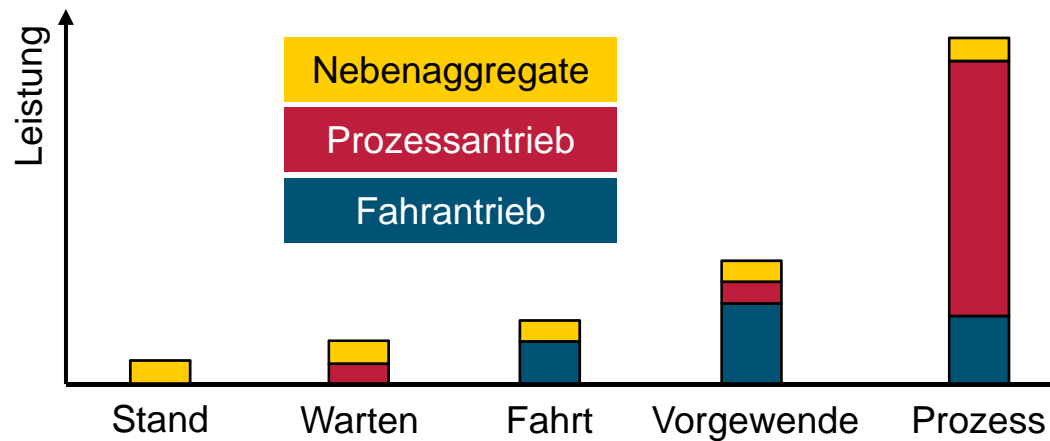
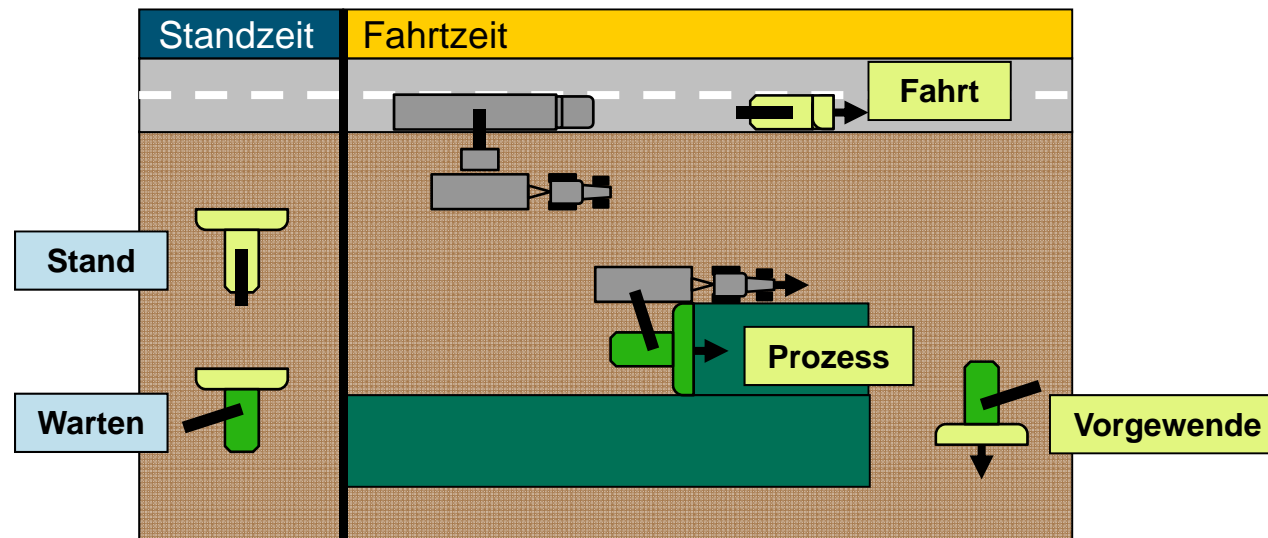
- Lange Felder
- Geringer Straßenanteil

- Kurze Felder
- Hoher Straßenanteil



[Bilder Google Maps]

# Berücksichtigung der betriebszustandsabhängigen Aufwände



Definition eines Energienutzungsgrads erforderlich, um Vergleichbarkeit verschiedener Maschinen zu ermöglichen!

# Berücksichtigung der qualitativen Ergebnisse von Maßnahmen

**Effizienz:** Verhältnis von Nutzen zu Mitteleinsatz

**Mitteleinsatz:** Aufwand an Energie oder Emission, Zeit, Geld, ...

**Nutzen:** Erfolg in Quantität und Qualität

Der alleinige quantitative Erfolg einer einzelnen Maßnahme, z.B. des Maschineneinsatzes, sagt noch nichts aus!

Das qualitative Erfolg der Arbeiten zwischen den Verfahrensschritten beeinflusst den Mitteleinsatz und den Nutzen der Folgeschritte!

Erforderlich ist die Definition der maßnahmenspezifischen qualitativen und quantitativen Effizienz, also eine:

Qualifizierte Effizienz

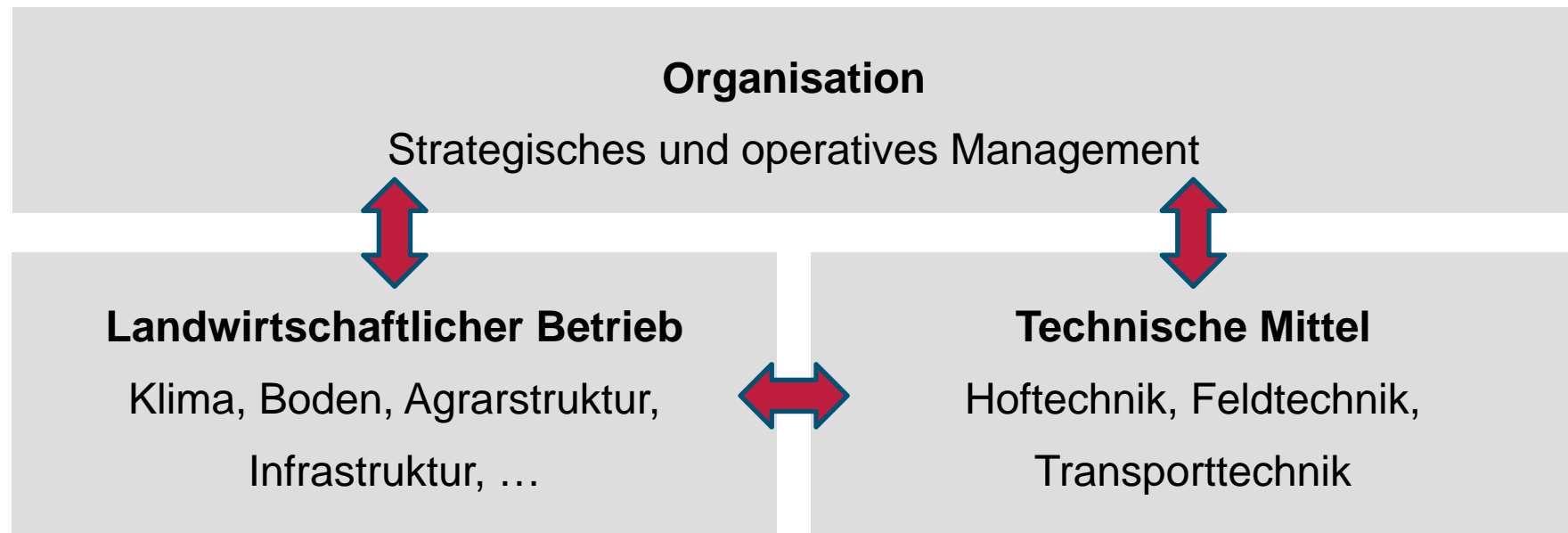
# Gliederung

- Das landwirtschaftliche Produktionssystem
- Komplexität der Verfahrensketten
- Schlüsselgrößen im Verfahren
- Effizienzbetrachtung
- **Modellierung des Systems**
- Zusammenfassung



# Systembestandteile der Modellierung

Die Komplexität und die Vielfalt der beeinflussenden Parameter in landwirtschaftlichen Systemen erfordern zur qualifizierten Effizienzbewertung die ganzheitliche modellhafte Betrachtung der Vorgänge.



# Konzept zur modellhaften ganzheitlichen Bewertung

- **Modellierung von Betrieb, Technik und Organisation der „Landwirtschaftlichen Produktion“**
- **Modellieren der Effizienzbewertung unter Berücksichtigung des quantitativen und qualitativen Erfolgs**
- **Case Studies für Modellbetriebe**
- **Verifikation der Ergebnisse; ganzheitlich und im Detail**

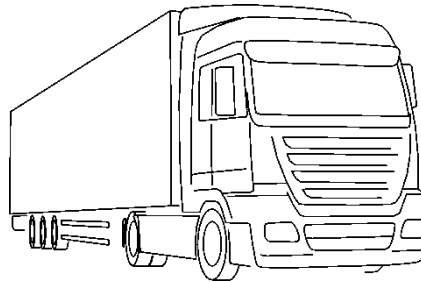
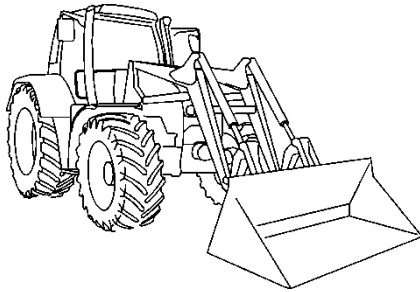
# Gliederung

- Das landwirtschaftliche Produktionssystem
- Ganzheitliche Betrachtung
- Effizienz im System
- Schlüsselgrößen im Verfahren
- Modellierung des Systems
- Zusammenfassung

# Zusammenfassung

- Regionale, politische und technische Einflüsse bestimmen die landwirtschaftlichen Produktionssysteme.
- Der ökonomische und der energetische Aufwand - und damit die Effizienzpotenziale - finden sich in der horizontalen wie in der vertikalen Ausprägung der Verfahrensketten.
- Der Nutzen und die Effizienz von Produktionssystemen hängen von der erreichten Quantität und Qualität der Maßnahmen zwischen den einzelnen Verfahrensschritten ab.  
Erforderlich ist die Definition einer qualifizierten Effizienz
- Die Komplexität und die Vielfalt der beeinflussenden Parameter in landwirtschaftlichen Systemen erfordern zur Effizienzbewertung die ganzheitliche modellhafte Betrachtung der Vorgänge.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Technische Universität Braunschweig  
Institut für mobile Maschinen und  
Nutzfahrzeuge



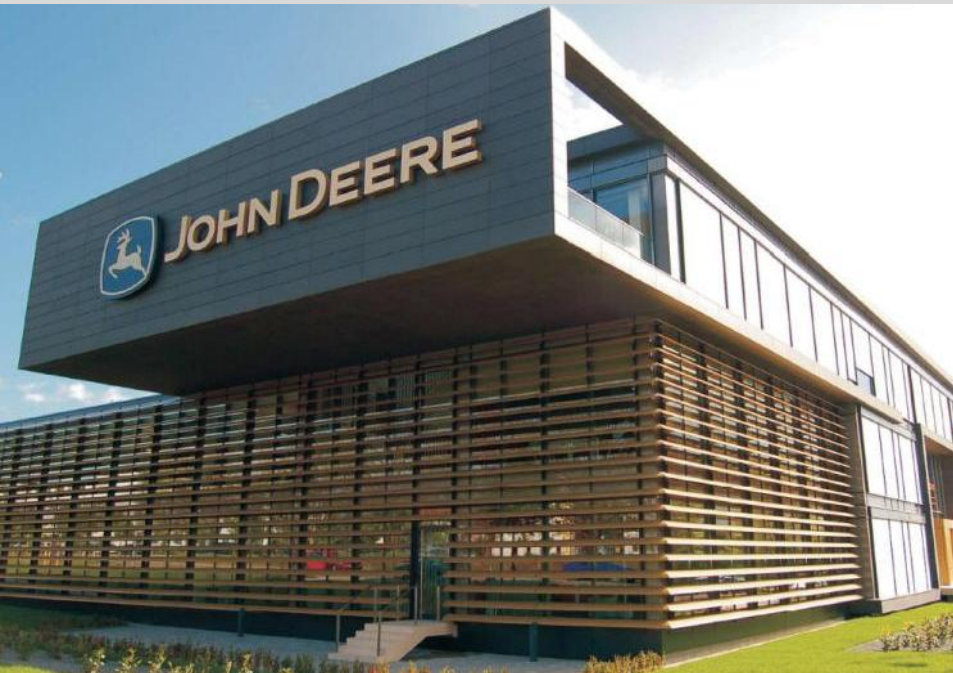
Langer Kamp 19a  
38106 Braunschweig

Tel.: +49 (0) 531 391-2670  
Fax: +49 (0) 531 391-5951  
[imn@tu-braunschweig.de](mailto:imn@tu-braunschweig.de)  
[www.tu-braunschweig.de/imn](http://www.tu-braunschweig.de/imn)









# IT and Automation to reduce Energy Consumption

August Altherr  
European Technology Innovation Center  
March 13th, 2013



**JOHN DEERE**

# CO<sub>2</sub> Saving Potentials





# Agenda

- **Engine / Transmission Controls**

- Pure Plant Oil Tractor

- Auxiliary Drive Control

- GPS / Autotrac

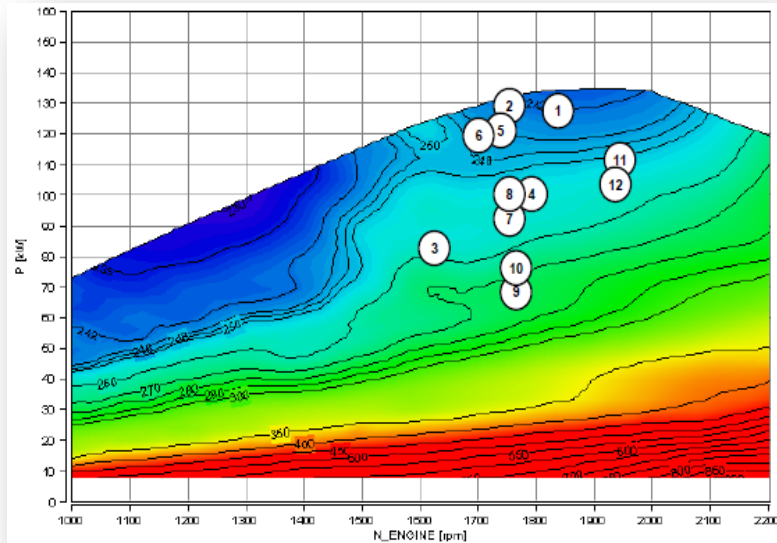
- TIM

- Telematics

- Electrification

# Engine / Transmission Management

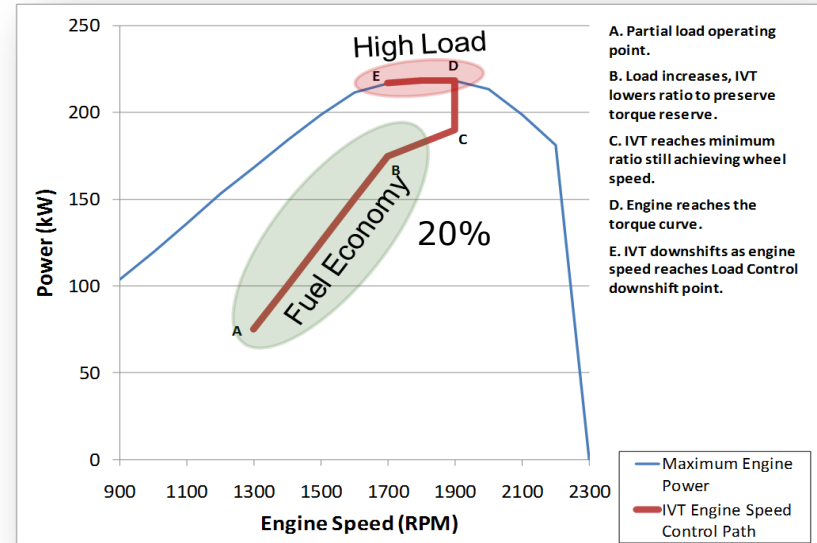
## Fuel Map Optimization



**8% CO<sub>2</sub> reduction**

In PowerMix

## AutoPowr Engine / Transmission Management

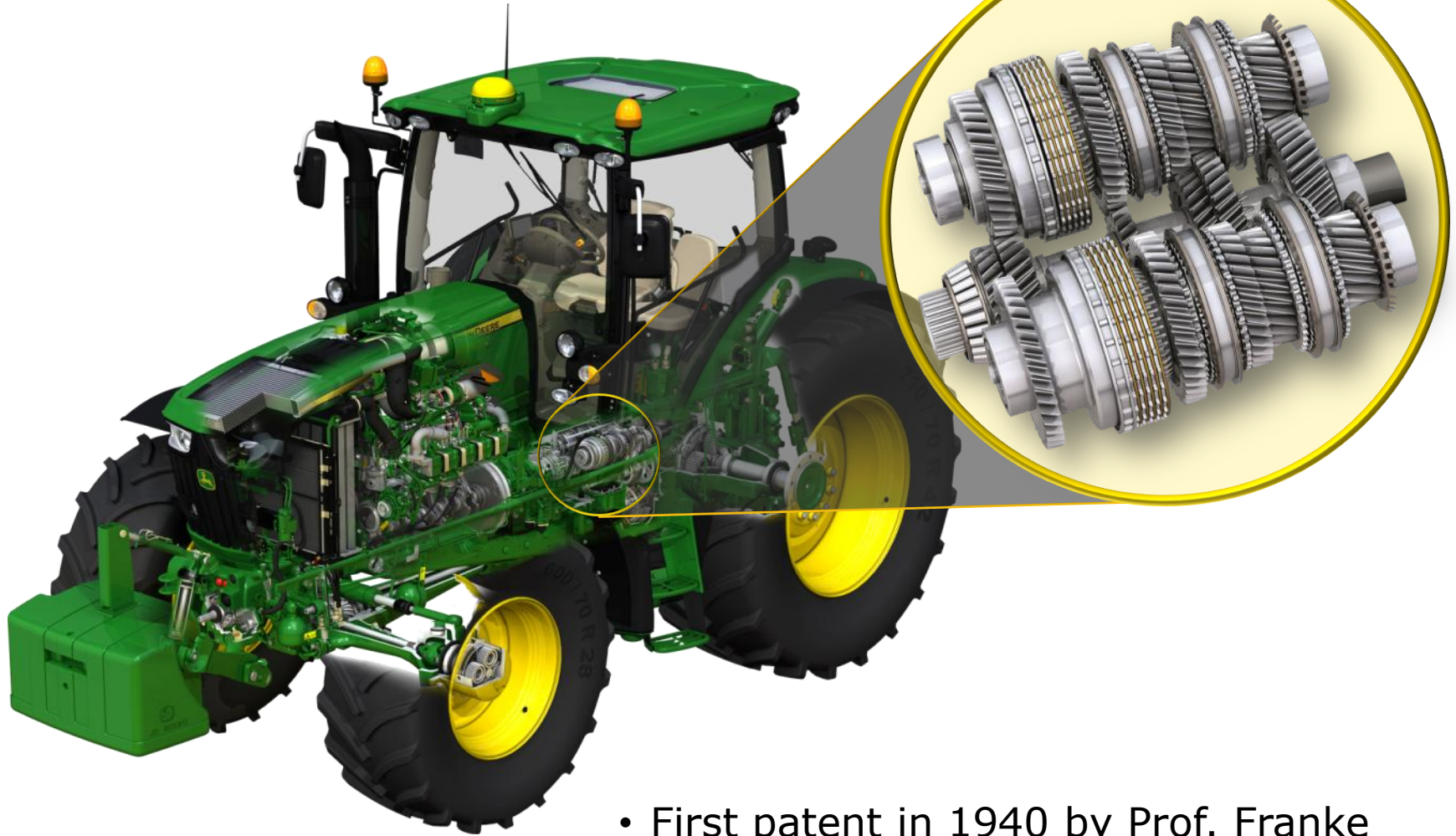


electronically „shift up throttle down“

**5-10 % CO<sub>2</sub> reduction**

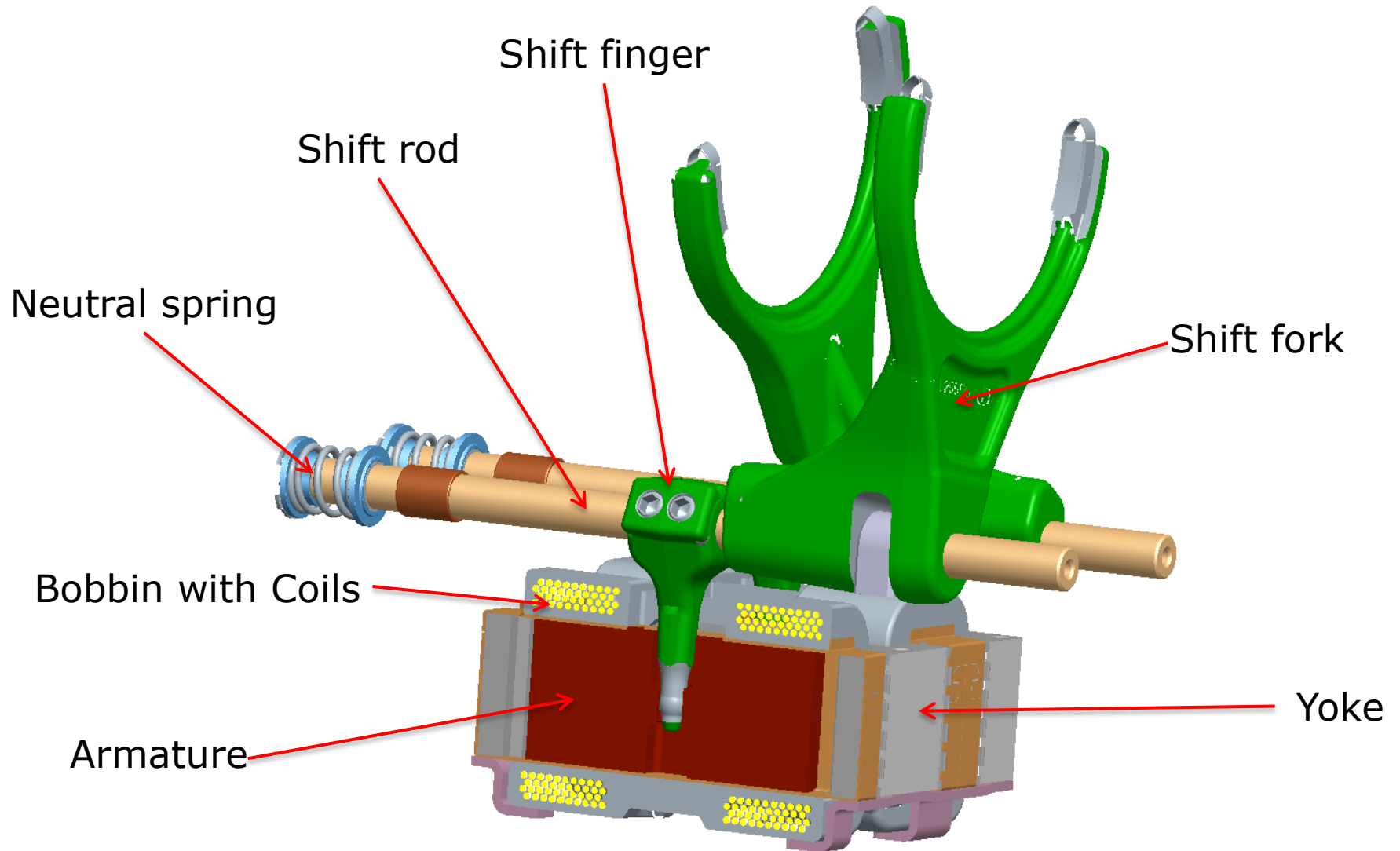
In light duty application

# DirectDrive® Transmission



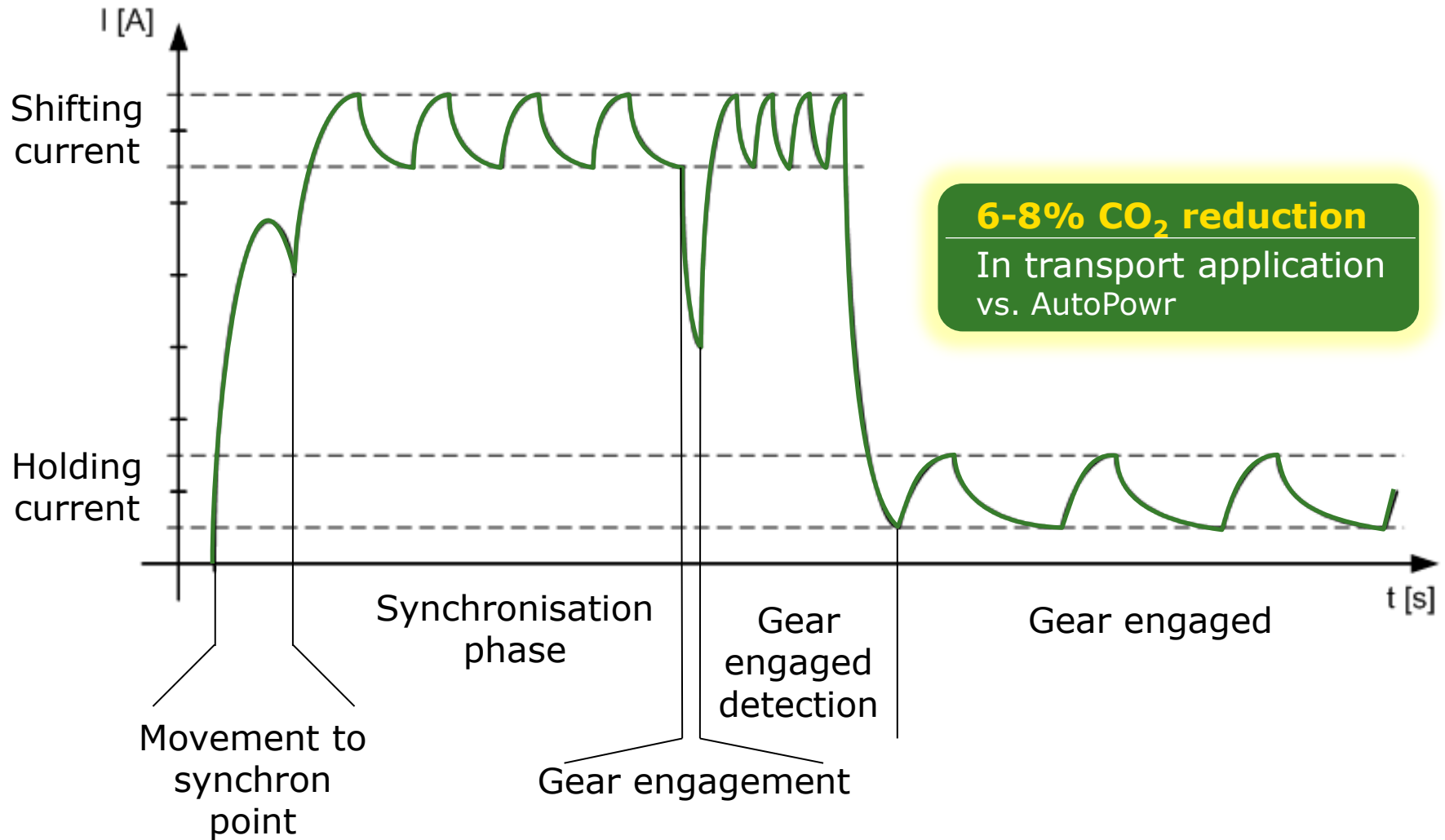
- First patent in 1940 by Prof. Franke
- First commercial usage in 2003 by VW

# Electromagnetic Shift Actuator





# Actuation Current Profile



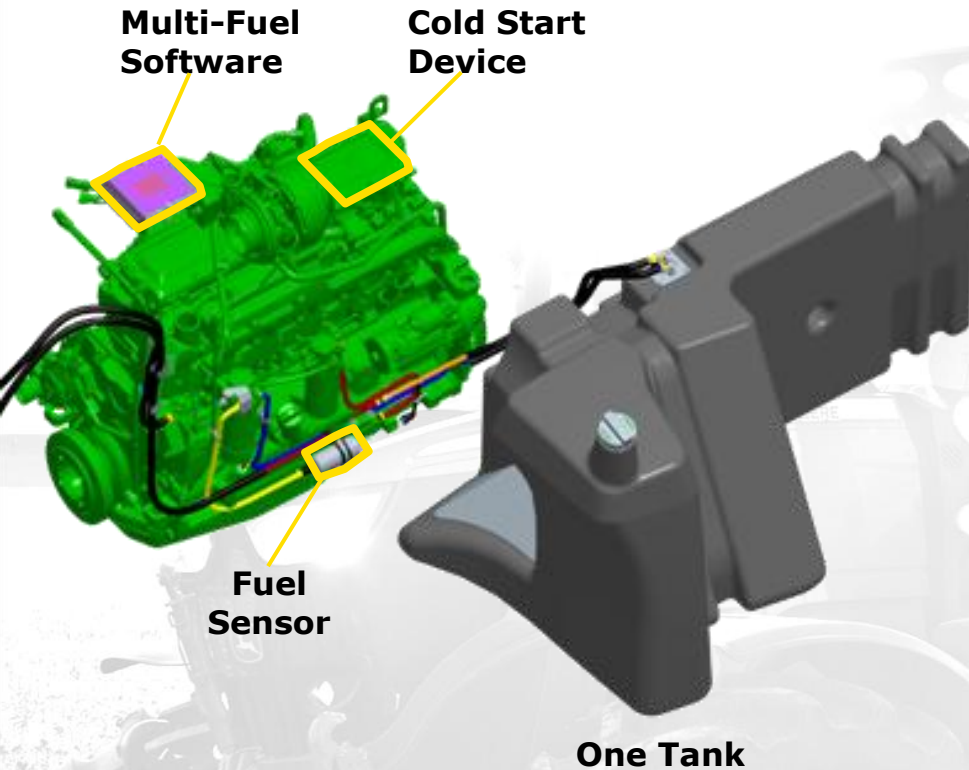
# Agenda

- Engine / Transmission Controls
- **Pure Plant Oil Tractor**
- Auxiliary Drive Control
- GPS / Autotrac
- TIM
- Telematics
- Electrification

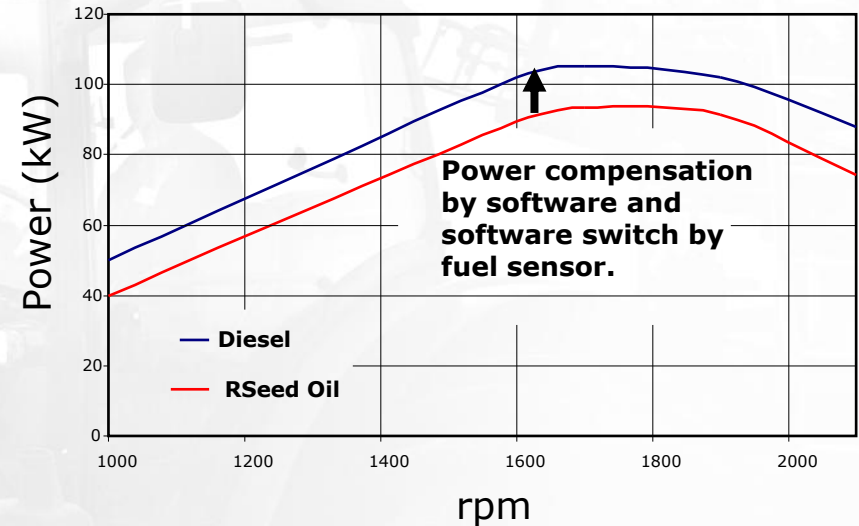
# 6R Multifuel Tractor



# Technical Requirements for Multifuel



Power decrease with bio-fuels due to lower heating value



1200 l/ha +

~ 2000kg colza cake



# CO<sub>2</sub> Reduction according to Directive 2009/28/EC

## Default reduction values:

- pure rape seed oil 57%
- rape seed biodiesel 38 %
- sunflower biodiesel 51 %
- soybean biodiesel 31 %
- palm oil biodiesel 19 %  
(process not specified)
- palm oil biodiesel 56 %  
(process with methane capture at oil mill)



# Agenda

- Engine / Transmission Controls
- Pure Plant Oil Tractor
- **Auxiliary Drive Control**
- GPS / Autotrac
- TIM
- Telematics
- Electrification



# Electronically Controlled Auxiliary Drives

Vistronic



**2% less CO<sub>2</sub>**

In PowerMix

Air brake compressor  
w/ electronically actuated clutch



**0,5% less CO<sub>2</sub>**

Switched off

Charge air cooler in  
distributed cooling system



**4% less CO<sub>2</sub>**

Avg. annual

AC compressor usage w/ electron-  
ically actuated clutch dependent on  
trailer usage



**0,5% less CO<sub>2</sub>**

Avg. annual

# Agenda

- Engine / Transmission Controls
- Pure Plant Oil Tractor
- Auxiliary Drive Control
- **GPS / Autotrac**
- TIM
- Telematics
- Electrification

# GPS / AutoTrac

- Precision with AutoTrac

- SF1: +/- 23cm
- SF2: +/- 5 cm
- RTK: +/- 2,5cm



**3-10% CO<sub>2</sub> reduction**

By avoiding overlap



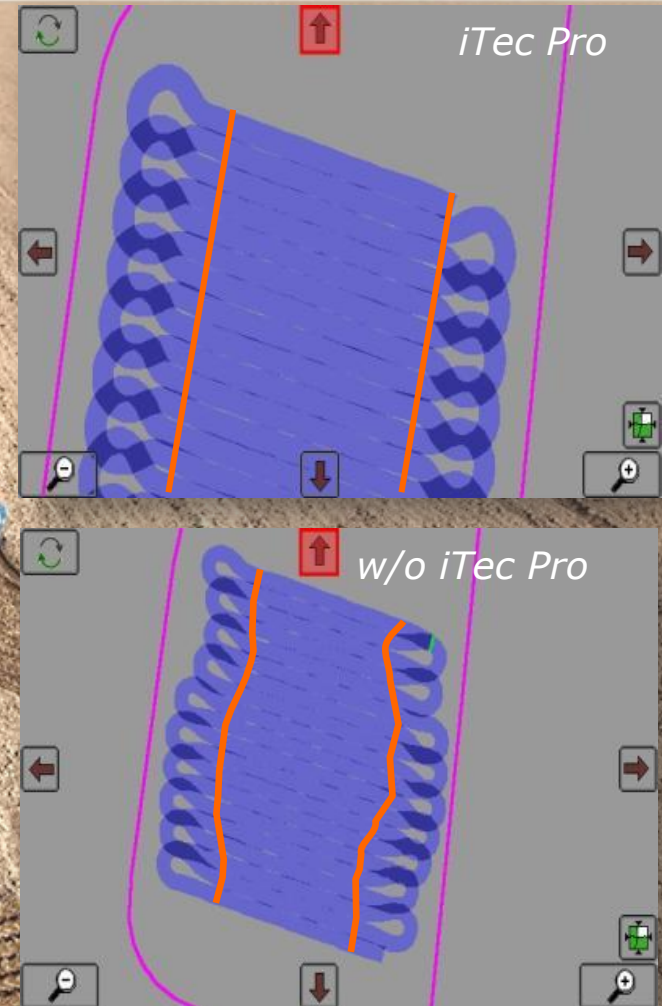


# iTec Pro

- Automated headland turns
- Cycle time reduction at headland ~30%

**2% CO<sub>2</sub> reduction**

On a 10ha field during seeding.



# Agenda

- Engine / Transmission Controls
- Pure Plant Oil Tractor
- Auxiliary Drive Control
- GPS / Autotrac
- **TIM**
- Telematics
- Electrification



# Tractor Implement Management (TIM)

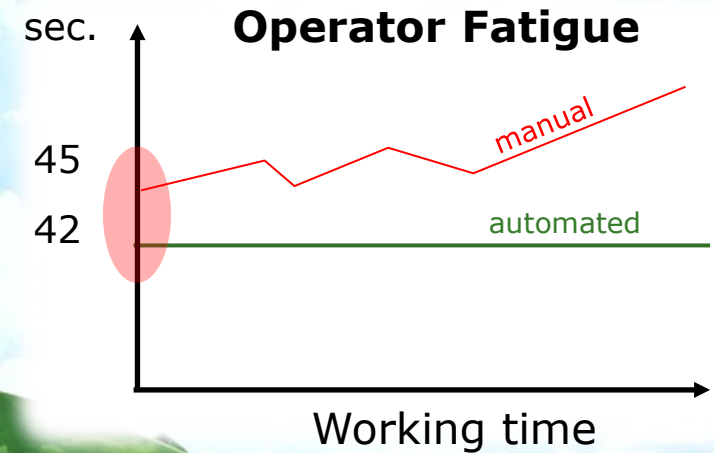
## Automated

- Deceleration
- Wrapping
- Ejecting
- Gate opening & closing

→ Ball cycle reduction  
from 45 to 42 sec.

**6% CO<sub>2</sub> reduction**

Due to cycle time  
reduction





# Agenda

- Engine / Transmission Controls
- Pure Plant Oil Tractor
- Auxiliary Drive Control
- GPS / Autotrac
- TIM
- **Telematics**
- Electrification

MACHINES 0

TIME By Date By Hours Rolling 7

By Group

By Type

All Machines

Ag Machines

8345R Planter

8345R Planter

8345R Planter

8345R Tillage

8345R Tillage

Sunset Farms

Western Equipment

EXPRESS/SELECT

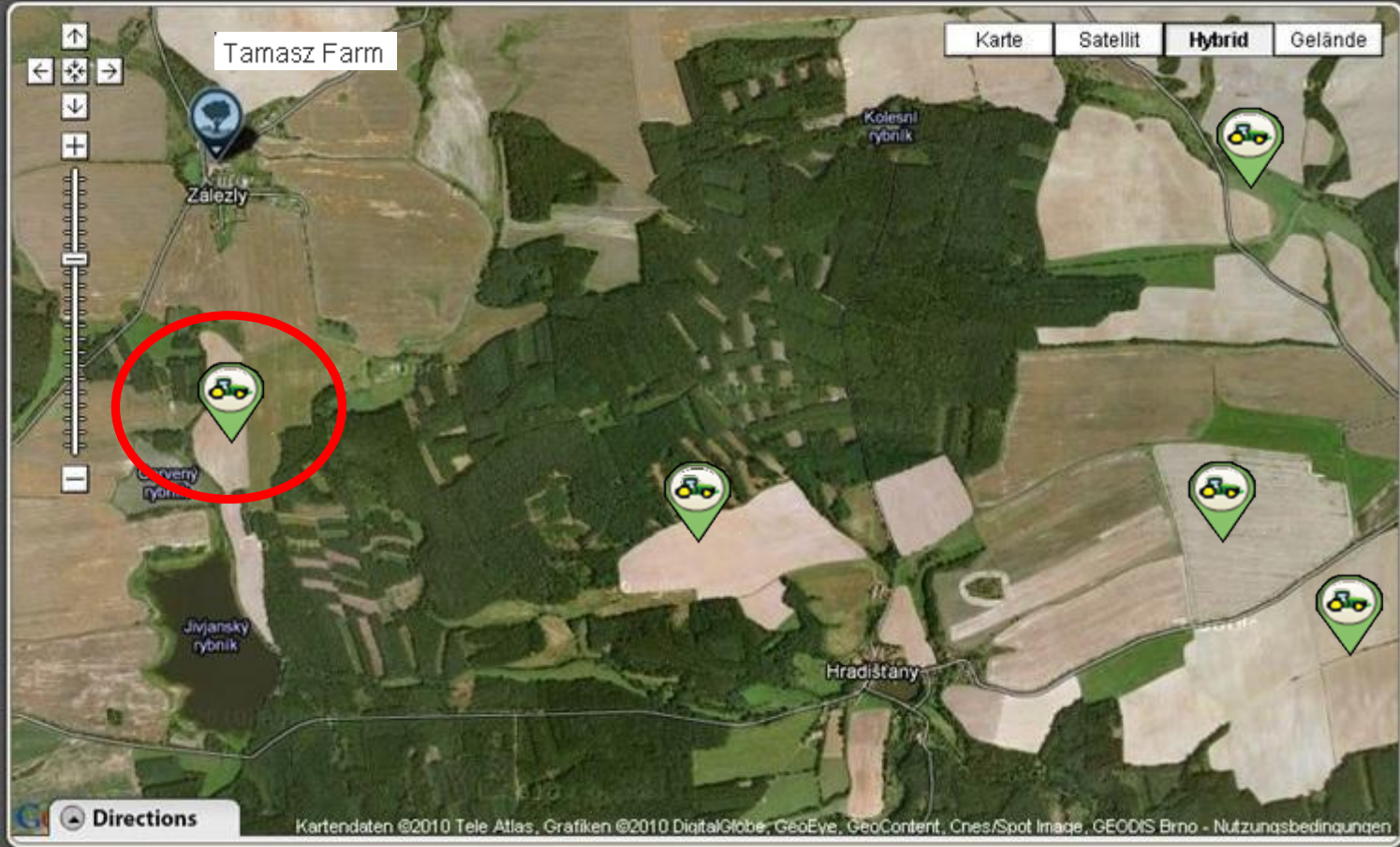
ULTIMATE

Active date range for the 0 selected machine(s):



Call

MAP





# Telematics - JDLink

- Since 2011, all large tractors are connected through JDLink



# Agenda

- Engine / Transmission Controls
- Pure Plant Oil Tractor
- Auxiliary Drive Control
- GPS / Autotrac
- TIM
- Telematics
- **Electrification**

# Efficiency Improvement

- Fertilizer spreader ~ 4kW
- Tractor Hydraulic Pump ~ 2kW
- rpm reduction ~?

**>4% CO<sub>2</sub> reduction**

During fertilizing

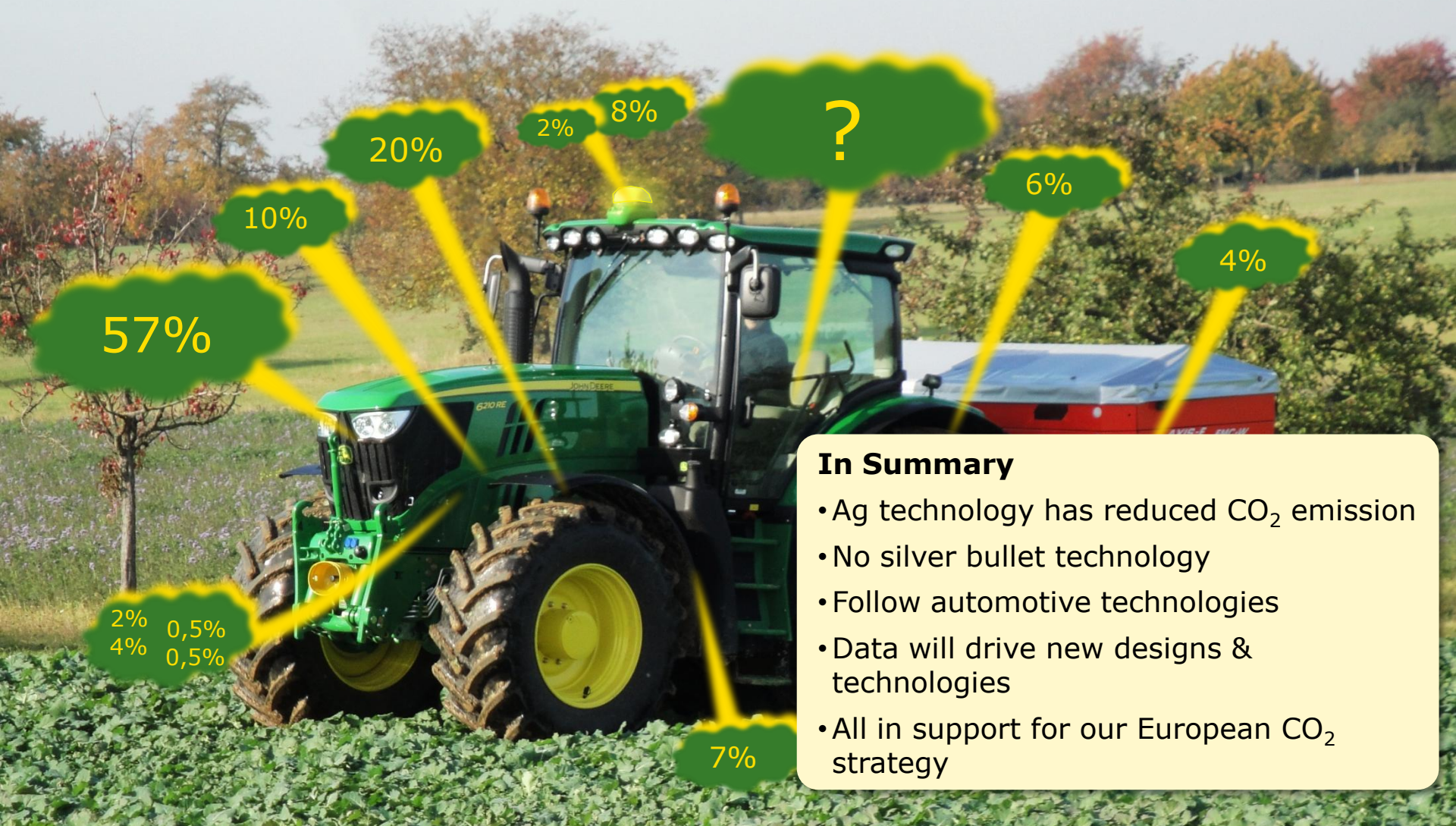
➔ Faster controllability and mass flow calibration enables further significant potential on CO<sub>2</sub> reduction



Picture: RAUCH Landmaschinenfabrik GmbH



# CO<sub>2</sub> Saving Potentials



## In Summary

- Ag technology has reduced CO<sub>2</sub> emission
- No silver bullet technology
- Follow automotive technologies
- Data will drive new designs & technologies
- All in support for our European CO<sub>2</sub> strategy



**JOHN DEERE**







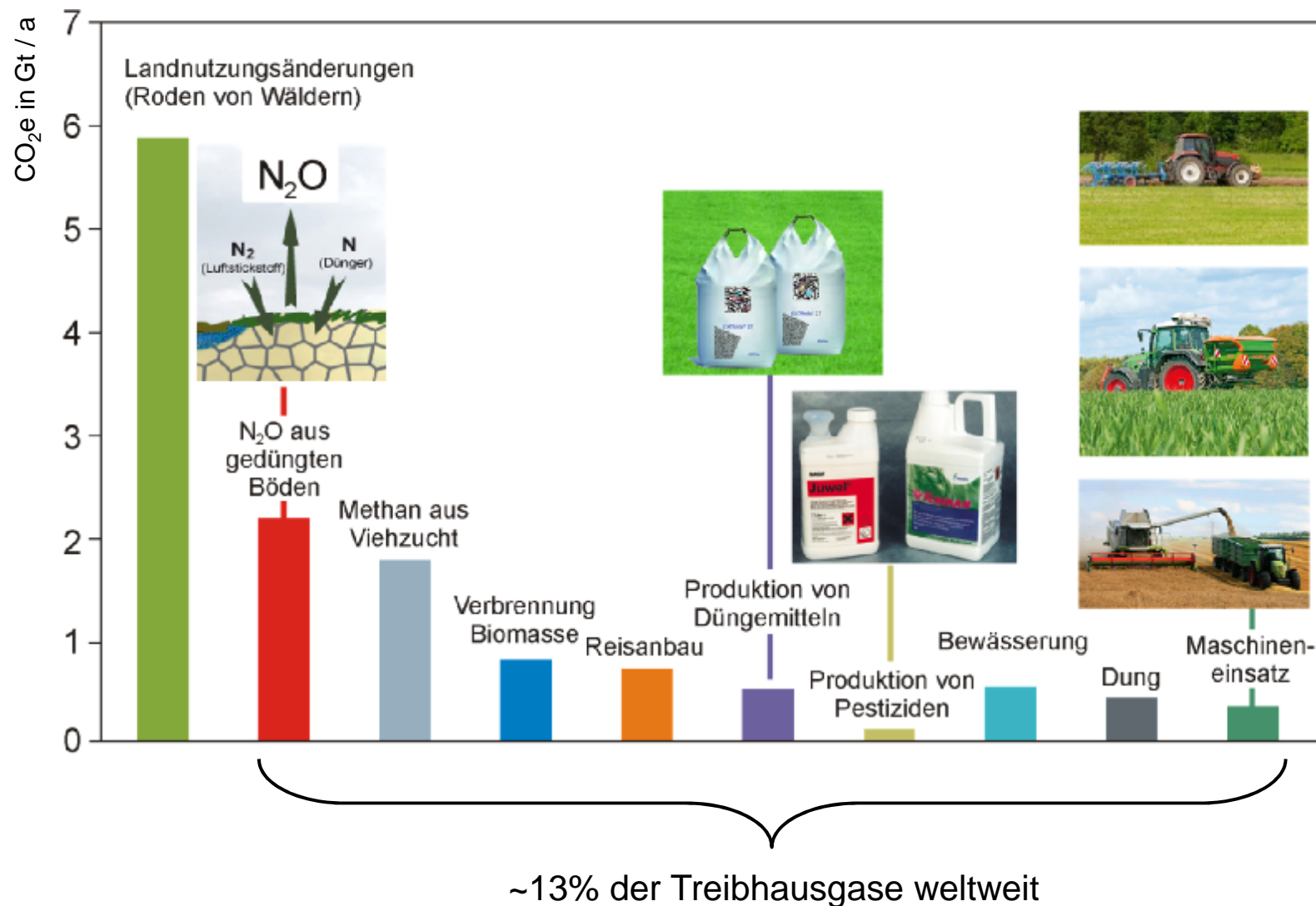
# Mit innovativen Maschinenkonzepten zu verbrauchsoptimierten Lösungen

Dr. Justus Dreyer, Amazonen-Werke

- **Treibhausgasemission in der Landwirtschaft**
- **Effizienzsteigerung**
  - **innerhalb der Maschine**
  - **durch den Einsatz schlagkräftigerer Geräte**
- **Düngesysteme**
  - **Bedarfsgerechtigkeit**
  - **Verteilgenauigkeit**
  - **Düngung zur Saat**
- **Ackerbauverfahren**
  - **Einteilung**
  - **Mulchsaat in Westeuropa**
  - **Verbrauchsmessungen zu unterschiedlichen Intensitäten**
  - **Strip-Tillage**
  - **Bewertung hinsichtlich CO<sub>2</sub> – Emissionen**



# Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft (weltweit)



Quelle: <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Datei:Emissi>. (ergänzt)

## Beispiel: Leichtbau und moderne Antriebstechnik bei Pflanzenschutzselbstfahrern



### Neueste Generation Pflanzenschutzselbstfahrer:

- Leichtbau: 15% geringeres Leergewicht
- Fahrtrieb: vollautomatisches, stufenloses hydrostatisches Getriebe
- Automatische Regelung der Spritzpumpendrehzahl
- Automatische Lüfterregelung

**è 5-15% Verbrauchsvorteil gegenüber Standard-Geräten (profi 12/2011)**

## Beispiel: elektrische Antriebe und Tractor Implement Management bei Anbaugeräten

Traktor:  
Deutz-Fahr TTV mit  
ZF Terra+ - System  
(Prototyp)



Vereinzelmotor



Gebläsemotor

**Prototyp neueste Generation Einzelkornsägerät mit elektrischen Antrieben und TIM-Funktionalität:**

- Elektrische Gebläse- und Vereinzlungsantriebe mit hohem Wirkungsgrad
- Nutzung der Leistungselektronik des Traktors
  - 2 X Gebläseantriebe, mit je 11kW, 400 V, frequenzgeregelt nach TIM-Prinzip (Gerät gibt die Soll-Drehzahl an, Traktor regelt)
  - 2 X Vereinzlungsantriebe mit je 0,1kW, 230V, frequenzgeregelt auf der Maschine

è Reduzierung des Leistungsbedarfs auf der Maschine: 30% (gegenüber hydraulischen Antrieben).

è Reduzierung des Bedarfs an Traktorleistung: ca. 4% (180 kW Traktor).

## Beispiel: Automatisierung steigert die Schlagkraft von Pflanzenschutzgeräten

### Automatisierung führt zur Fahrerentlastung

- Beispiel Automatische Gestängeführung und GPS-Teilbreitenschaltung
  - è Große Arbeitsbreiten auch in kleinen Strukturen
  - è Höhere Geschwindigkeiten in jeder Fahrsituation (Vorgewende, Nachtarbeit)

### Beispielrechnung 300 ha Betrieb

- Die Erhöhung der Geschwindigkeit von 8 auf 12 km/h reduziert die Traktorstunden um 24%
- Die Erhöhung der Arbeitsbreite von 24m auf 36m reduziert die Traktorstunden auch um 24%
- Die Kombination beider Maßnahmen reduziert die Stunden um 40%
- è **Der Kraftstoffverbrauch pro Hektar sinkt um 0,2 l/ha bzw. 33%**

Beispielrechnung:

300 ha Betrieb, 4 km Feld/Hofentfernung, 4 Überfahrten = 1200 ha Jahresleistung

5200 Liter Spritze, 24 Meter, 200 l/ha, 8 km/h

è 100 ha / Tagesleistung (8 Std) benötigen 95 Traktorstunden pro Jahr

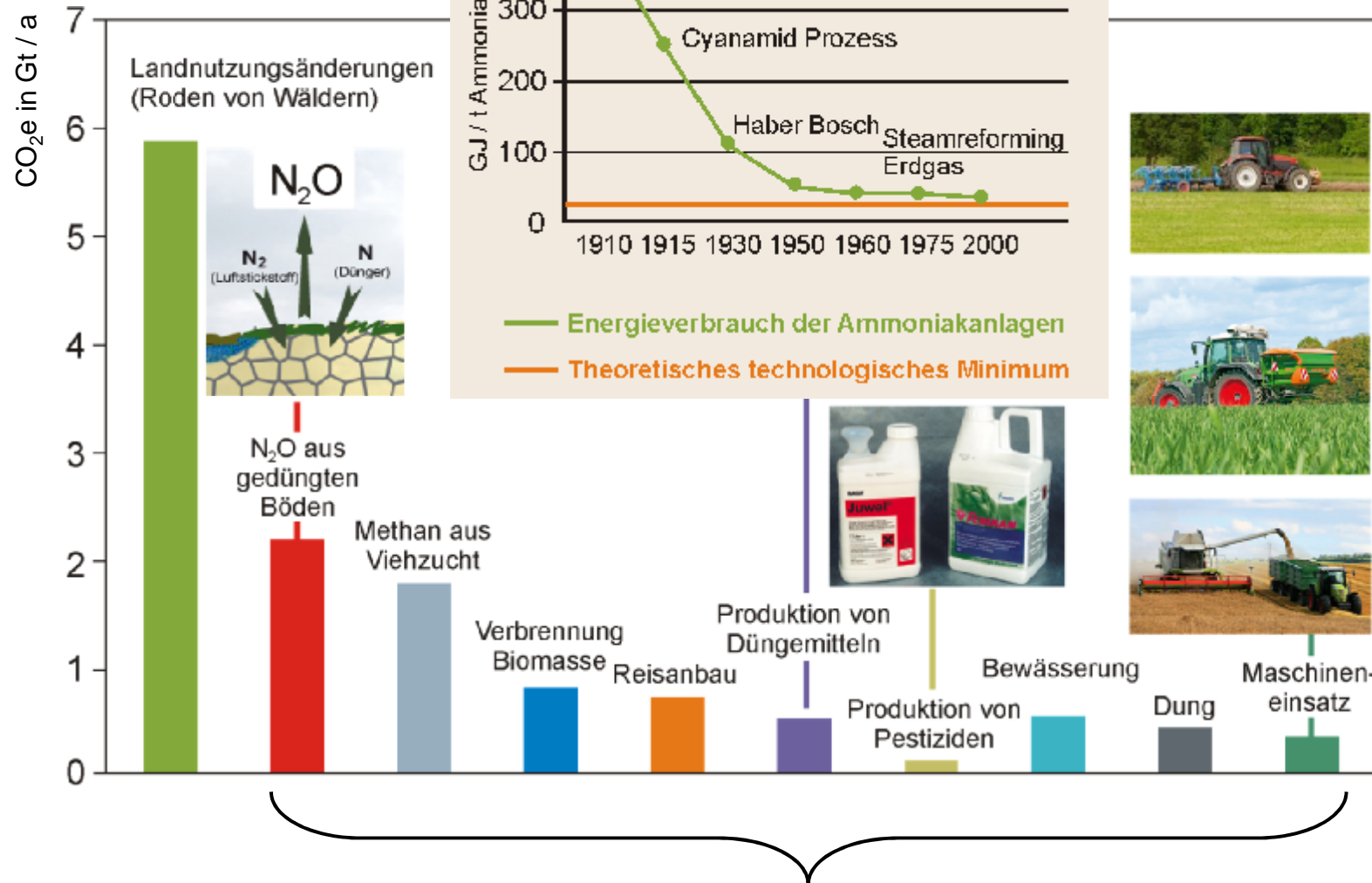
è Bei 8 l/Stunde Dieserverbrauch verbraucht der Betrieb 0,63 l/ha Diesel





# Bedeutung der Dü

# ausgasemissionen

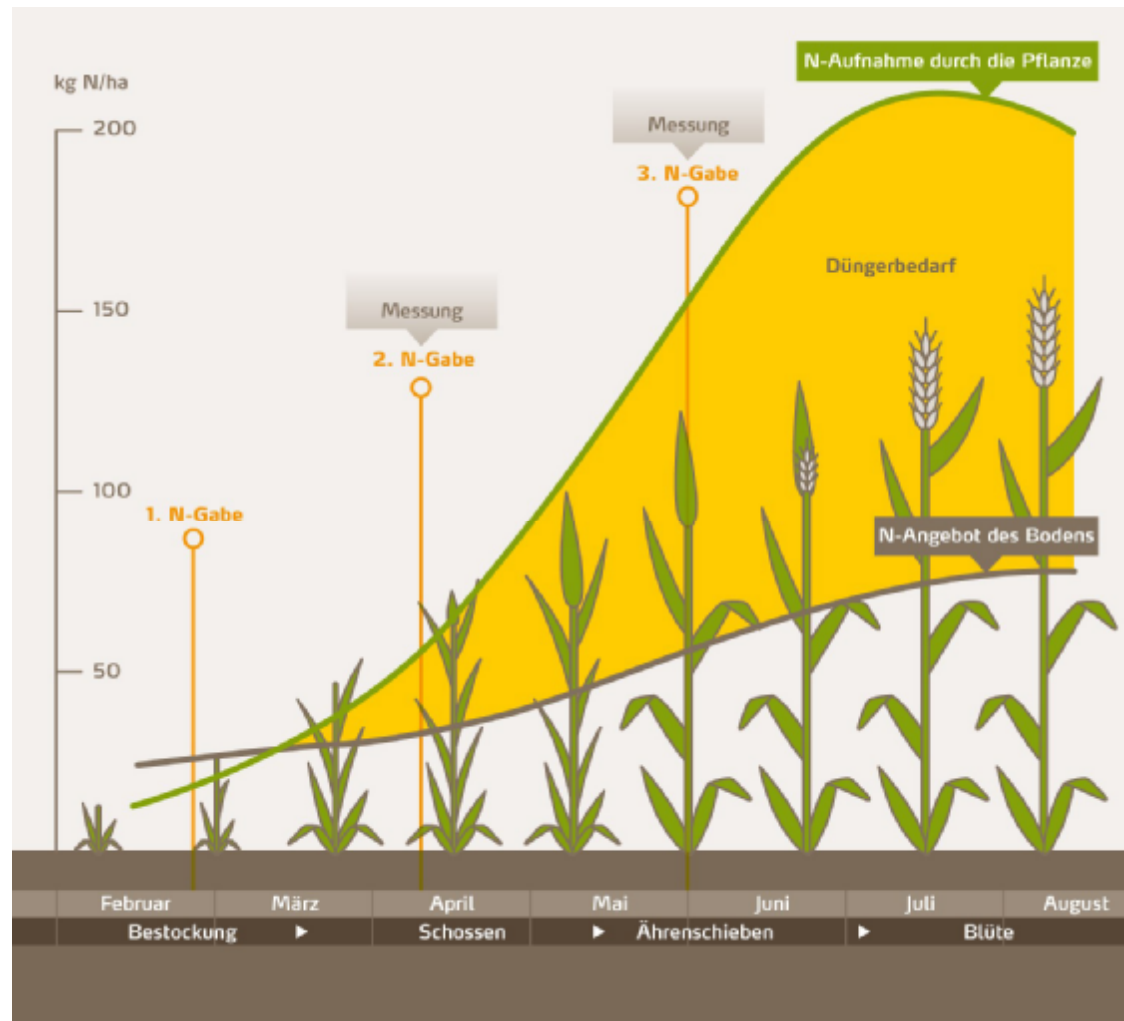


~13% der Treibhausgase weltweit

Quelle: <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Datei:Emissi>. (ergänzt)



# Bedarfsgerechte N-Düngung



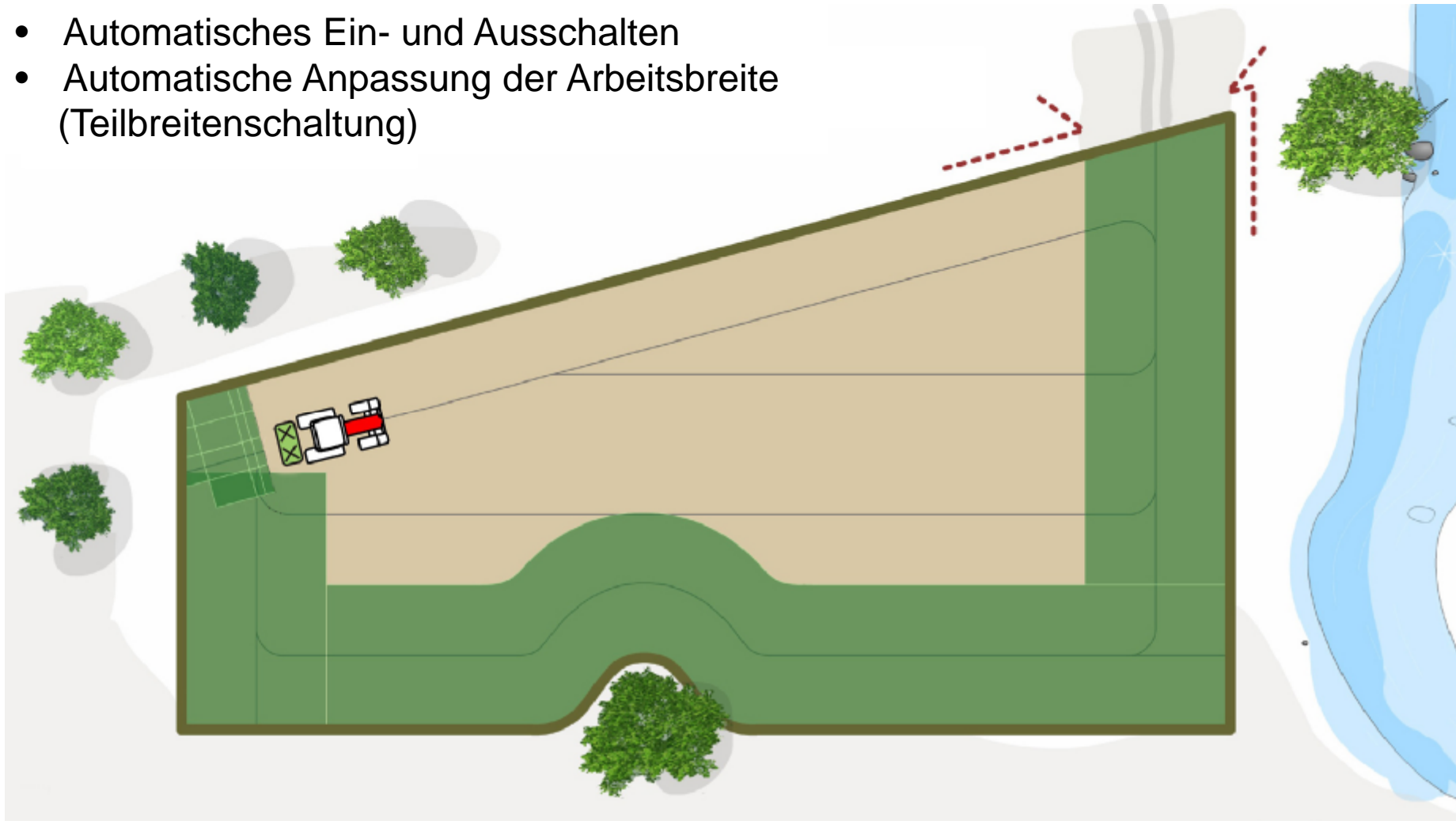
- Die N-Düngung muss bedarfsgerecht und zeitnah zum Entzug erfolgen
- N-Überschüsse in der Fruchtfolge sind zu vermeiden



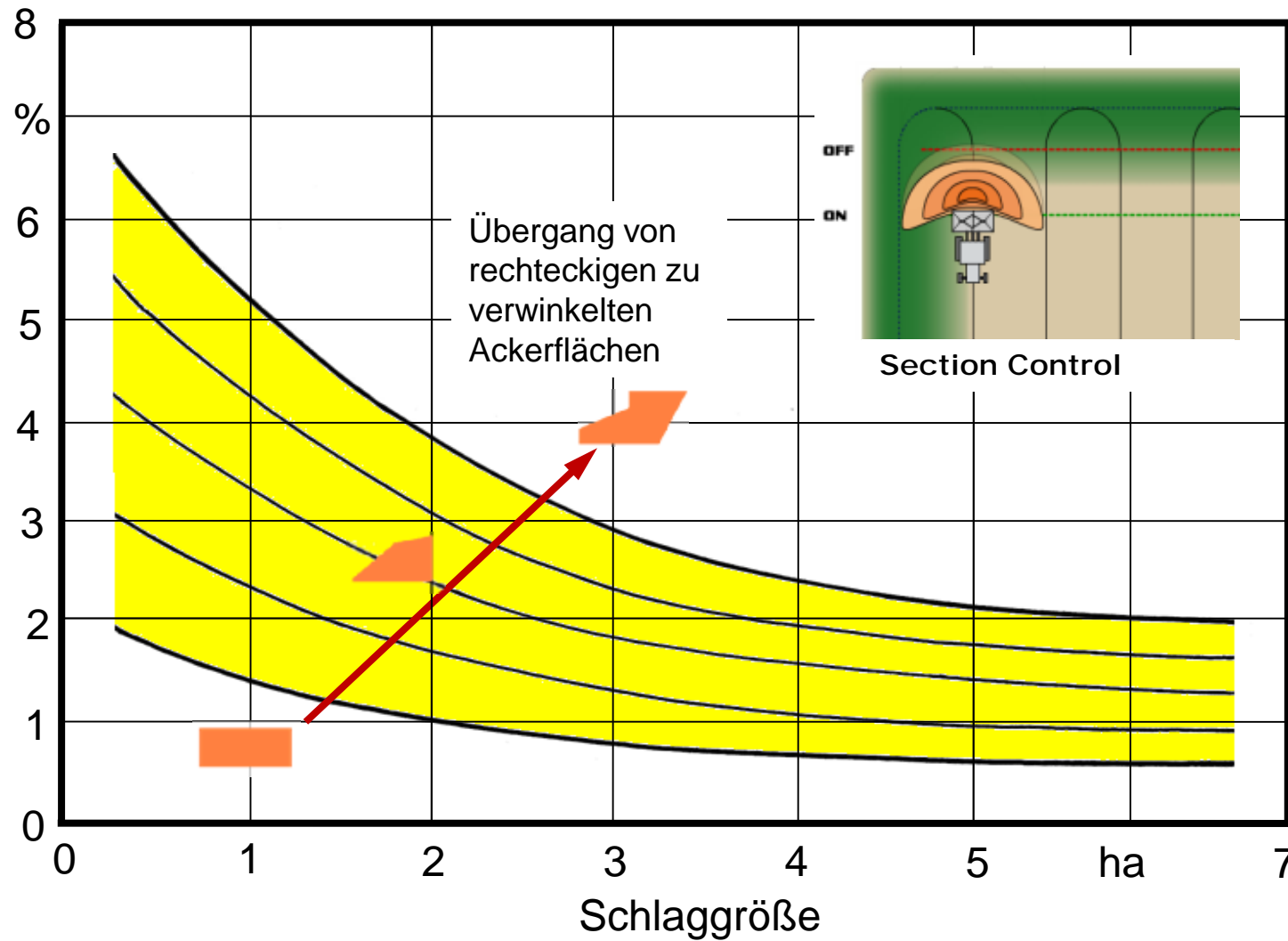
Yara, 1990

## Section Control

- Automatisches Ein- und Ausschalten
- Automatische Anpassung der Arbeitsbreite (Teilbreitenschaltung)



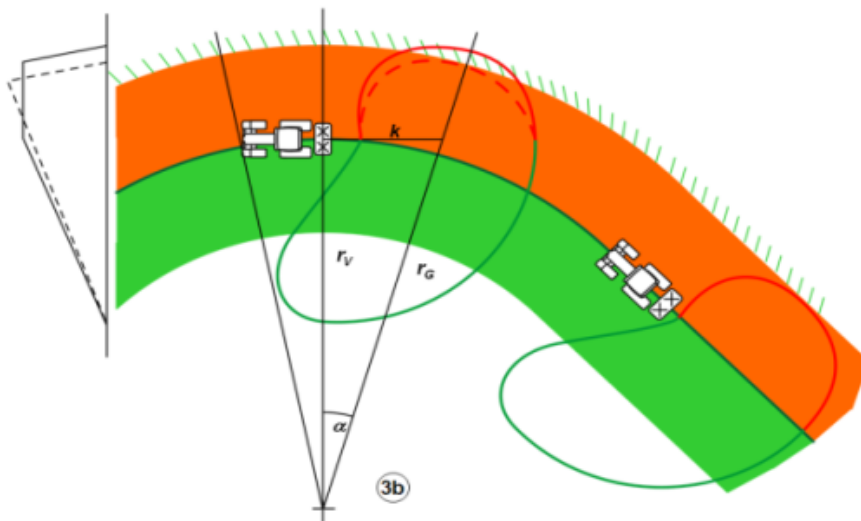
# Einsparpotenzial durch Section Control



## Zukünftig sind weitere Optimierungen denkbar



Kurvenfahrt beim Grenzstreuen



Vorgewende





## Varianten Düngung zur Saat

Single Shoot

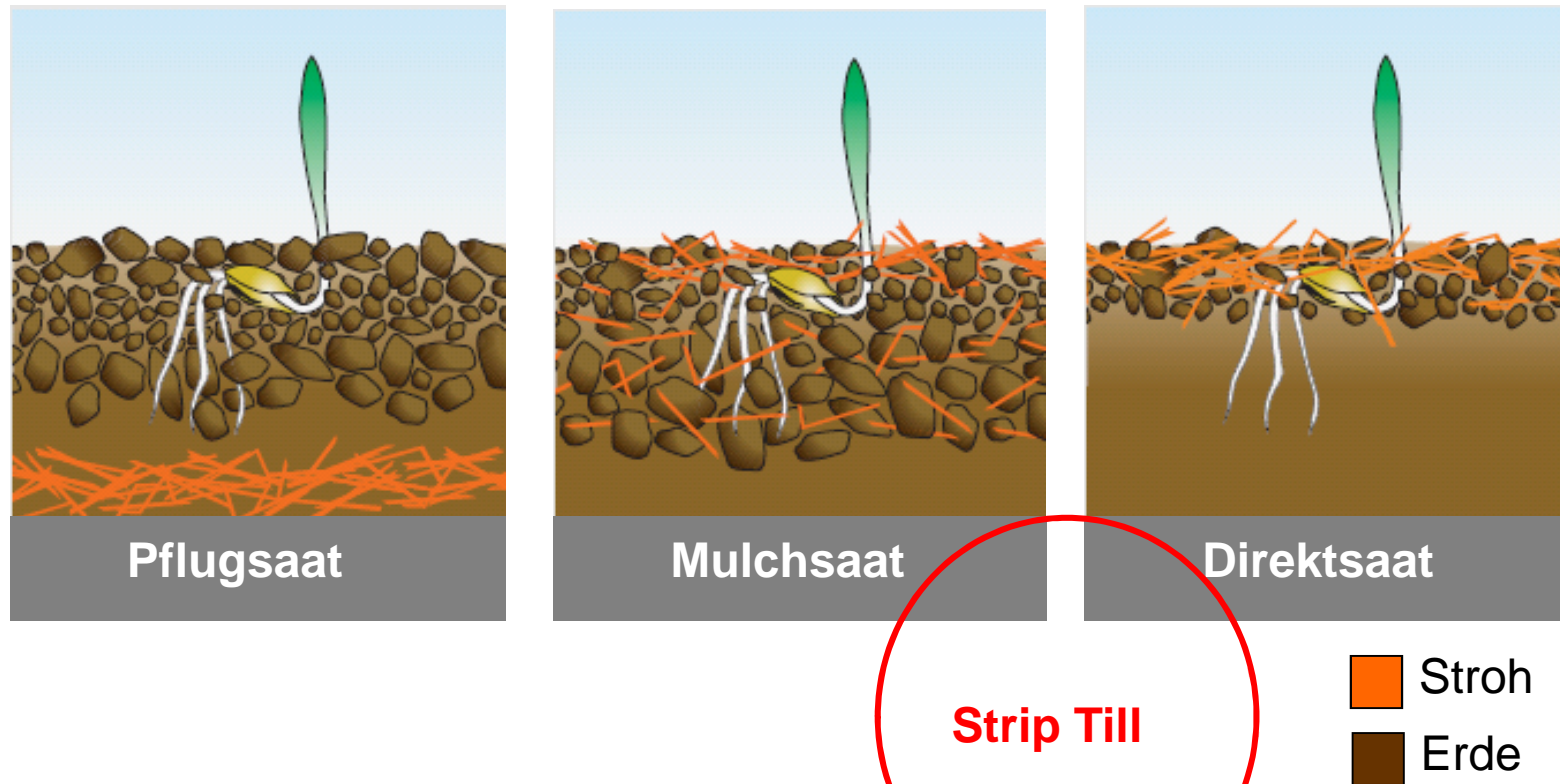


Double Shoot

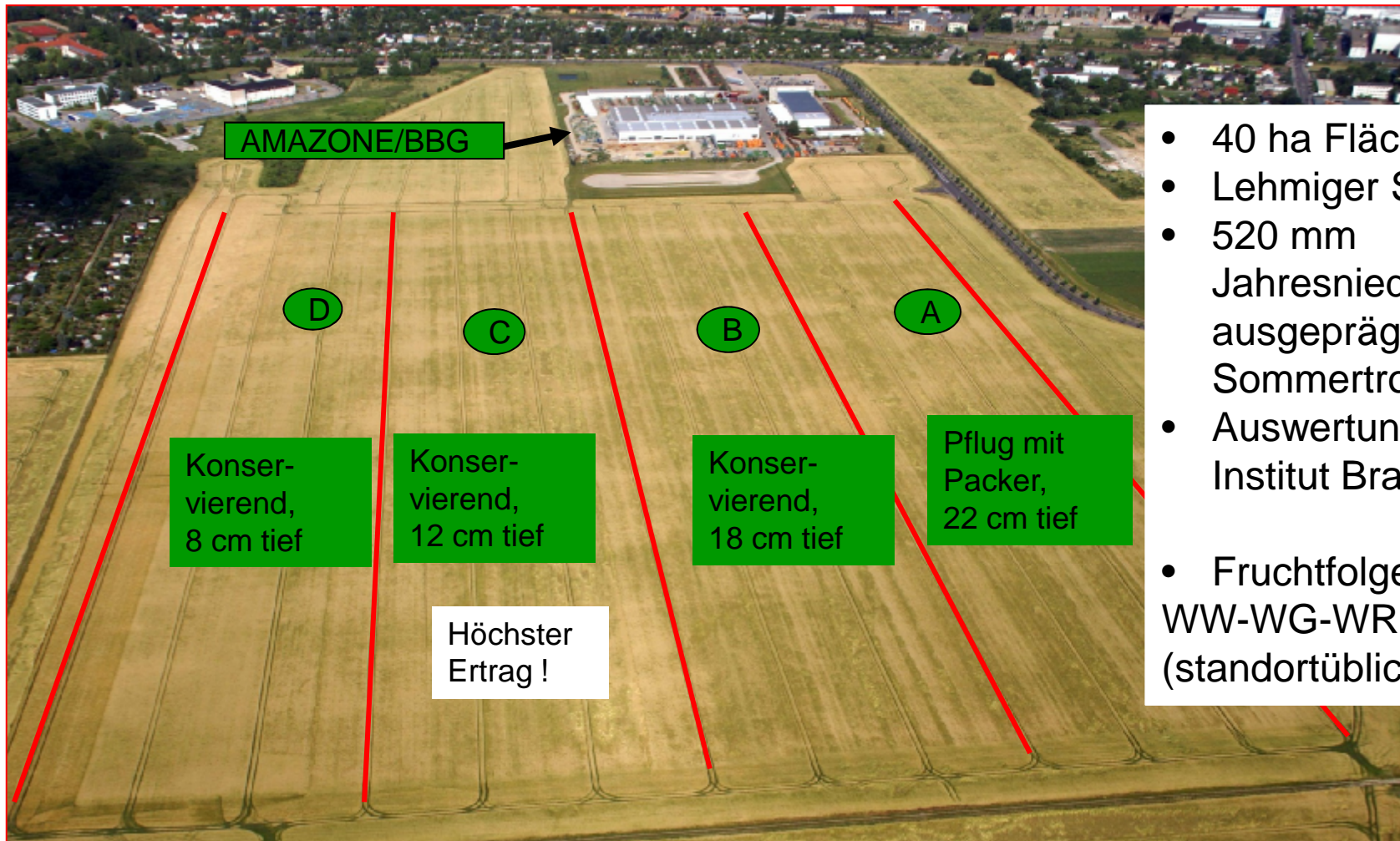




## Drei Verfahren mit unzähligen Varianten



## Beispiel: Versuchsfläche Molkereischlag in Leipzig



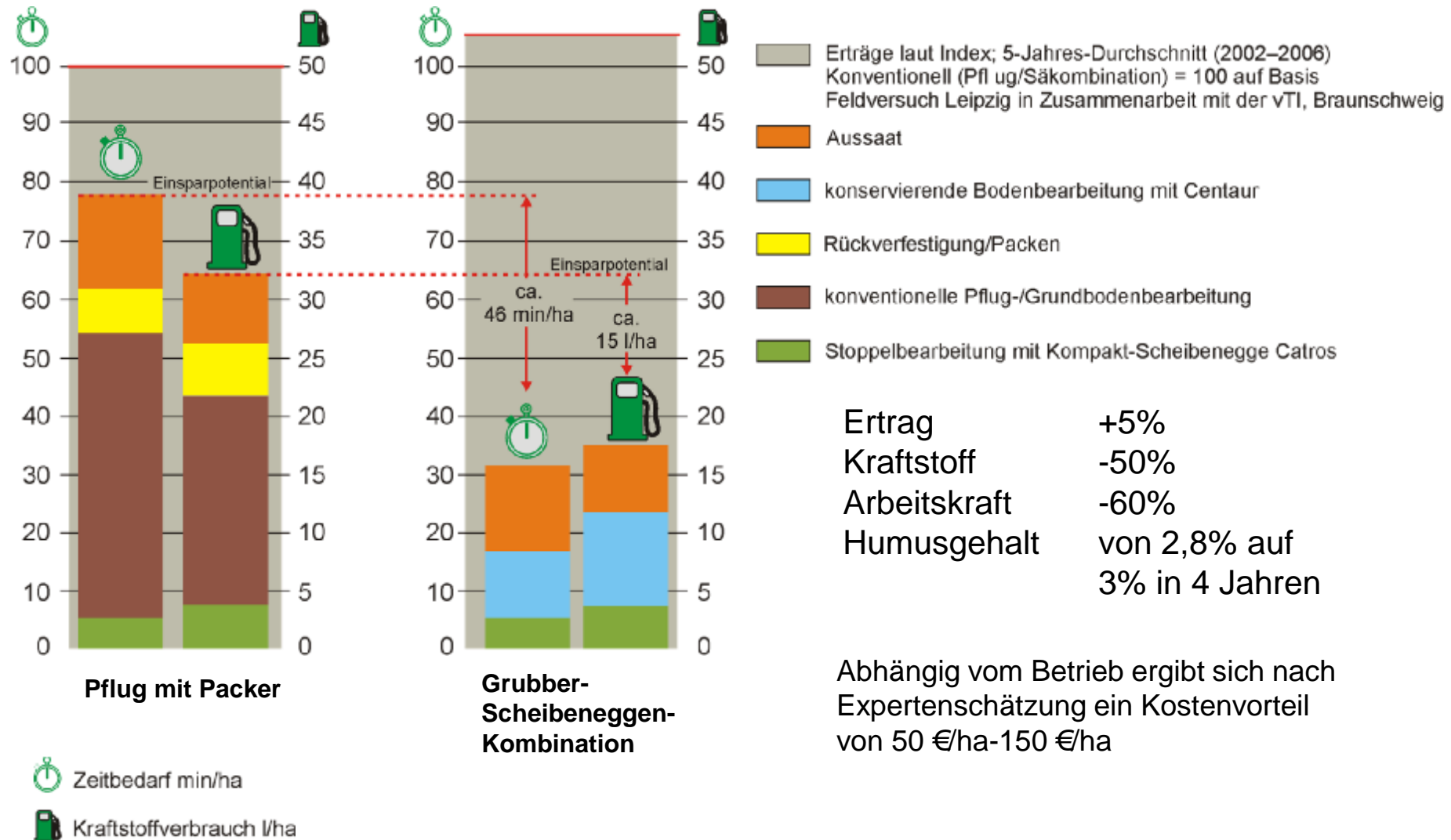
- 40 ha Fläche
- Lehmiger Sand
- 520 mm Jahresniederschlag, ausgeprägte Sommertrockenheit
- Auswertung Thünen Institut Braunschweig
- Fruchtfolge: WW-WG-WR-WW-WR-Mais (standortüblich)



## Beste Variante (C)



# Ergebnisse Variante C (konservierend, 12cm tief)



Ergebnisse des DLG-Testzentrums (Groß-Umstadt) und vTI (Braunschweig)



## Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung mit einem Grubber mit variabler Arbeitstiefe



Strategie Dr. Voßhenrich  
(Tünen Institut):

- Tiefe Lockerung ( $\geq 20$  cm) nur bei Bedarf, d.h. bei Grobporenvolumina unter 10%
- Dieser ist nur indirekt bestimmbar
- Informationsquellen sind Leitfähigkeitsmessungen, Bohrstockproben, Reichsbodenschätzung und Höhenlinien o.ä.

Bei heterogenen Böden, d.h. bei (50% tiefe Lockerung ( $\geq 20$  cm), 50% flache Lockerung ( $\leq 12$  cm))

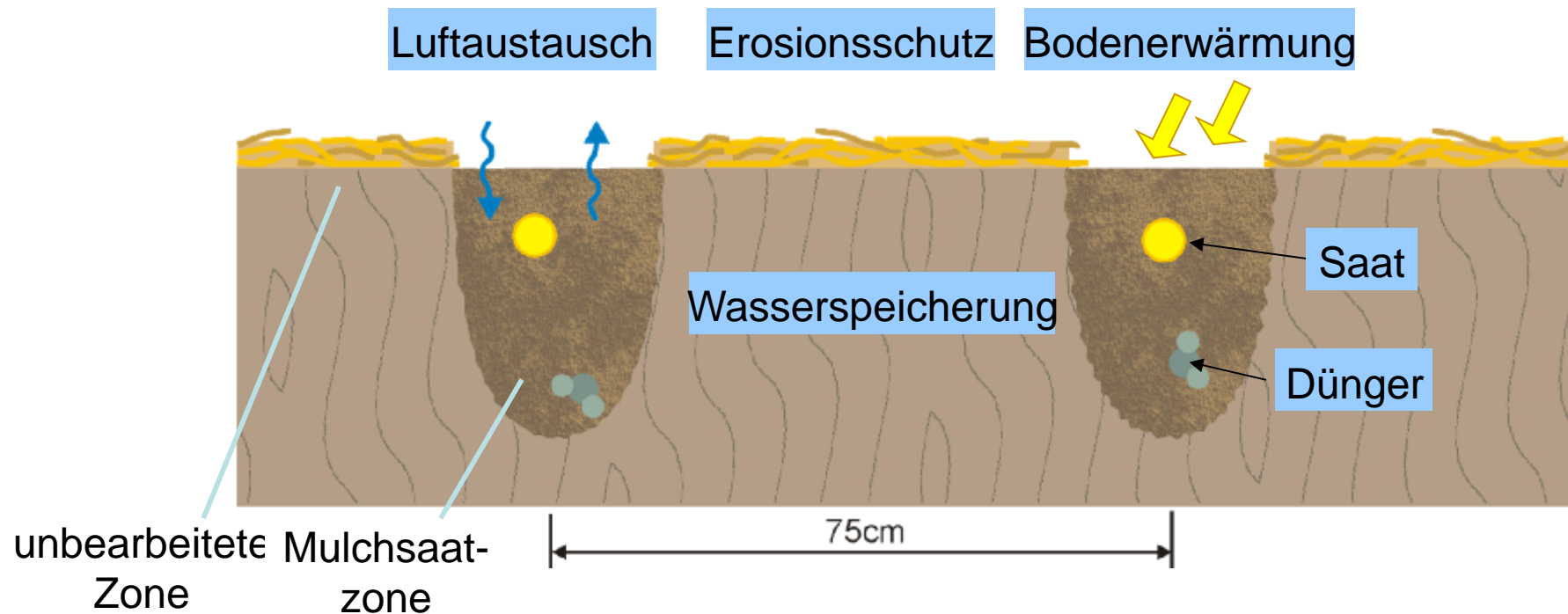
è **ca. 30% Kraftstoffeinsparung**



## Konservierendes Verfahren für Reihenkulturen: Strip Till



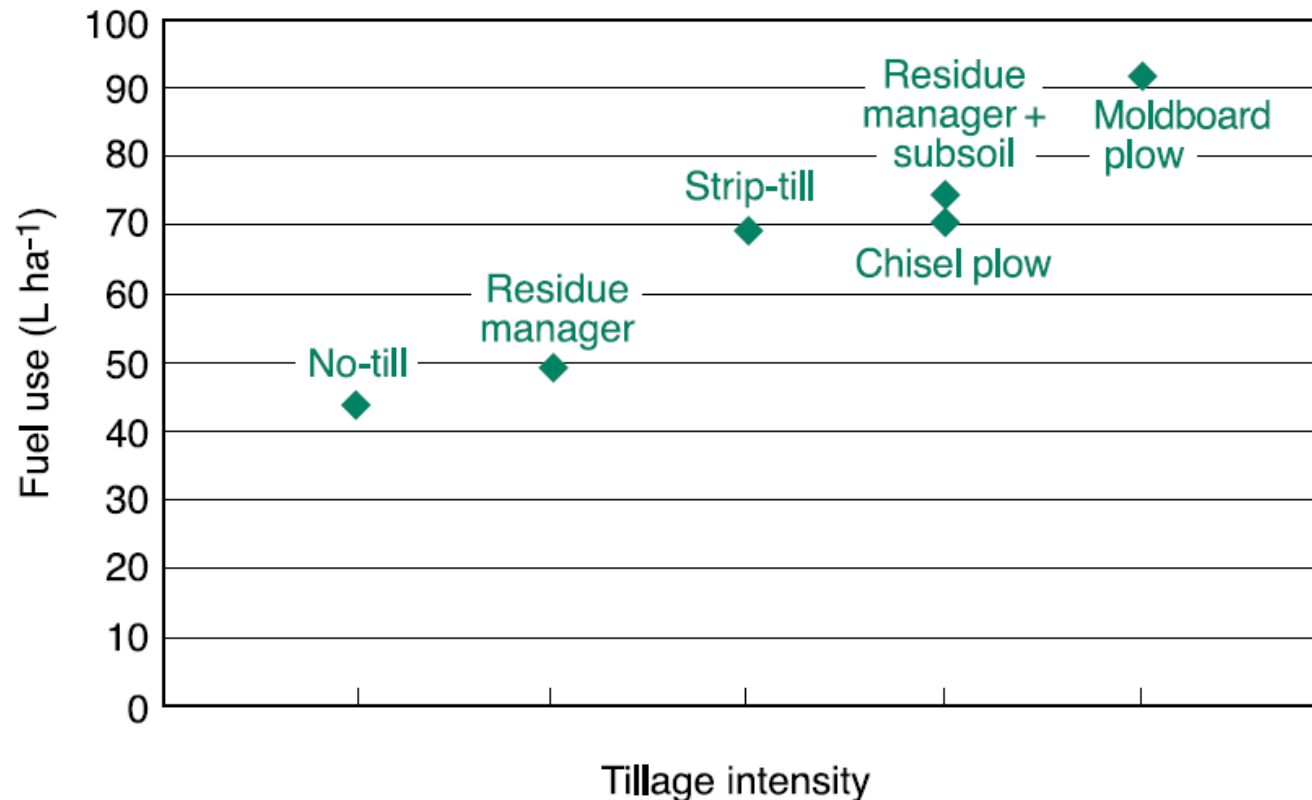
# Konservierendes Verfahren für Reihenkulturen: Strip Till



- Streifenlockerung mit möglicher Düngereinbringung
- Anschließende Saat in den gelockerten Streifen (GPS-gesteuert, RTK)
- Hauptfrüchte: Reihenkulturen, wie Mais, Soja, Sonnenblumen, (Rüben, Raps),  
Ursprung: Corn Belt, d.h. mittlerer Westen USA



## Amerikanische Verbrauchsmessungen der gesamten Verfahrenskette (Bestellung, Pflege, Ernte)



- Die Kraftstoffeinsparung durch Mulchsaat und Strip Till gegenüber dem Pflug ohne Packer liegt bei ca. 25%
- Die Einsparung durch Direktsaat liegt bei 53%

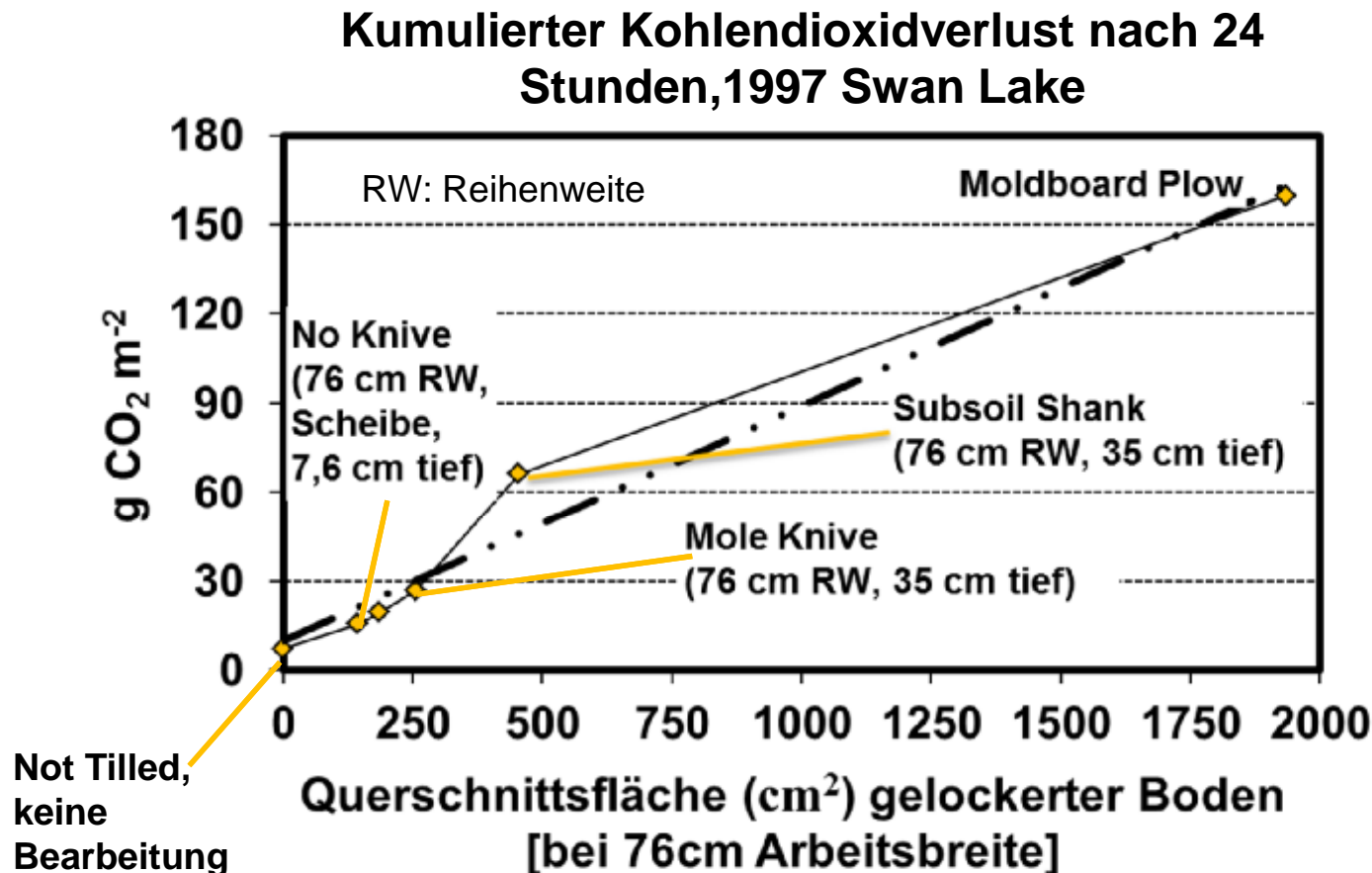
## Technik zur Messung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Humusabbau im Boden



Versuche zur Messung von CO<sub>2</sub>  
Emissionen aus dem Boden  
(Don Reicosky, Minnesota, USA)

Don Reicosky, North Central Soil Conservation Research Laboratory Morris, Minnesota USA, 1997

## CO<sub>2</sub> - Emissionen durch Humusabbau



- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Humusabbau infolge von Bodenbearbeitung ist proportional zur Querschnittsfläche des bearbeiteten Boden
- Sie lässt sich durch konservierende Verfahren deutlich verringern und durch Direktsaat fast eliminieren
- Je intensiver die Bodenbearbeitung, desto mehr Humusaufbau ist zu betreiben (Stroheinmischung, Zwischenfrüchte, etc.)

Don Reicosky, North Central Soil Conservation Research Laboratory Morris, USA, 1997



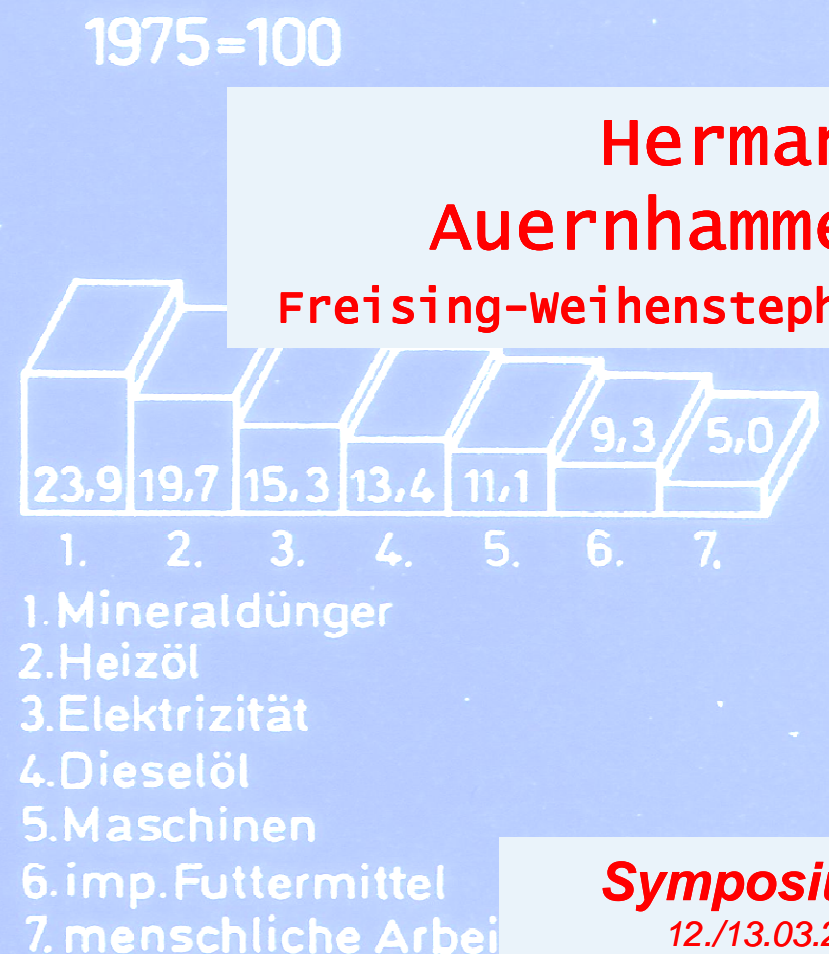
# Zusammenfassung

- Durch verbesserte Maschinentechnik sind weitere Verbrauchssenkungen bei Landmaschinen realisierbar (Leichtbau, elektrische Antriebe, Tractor-Implement-Management, Automatisierung)
- Eine Optimierung der Stickstoffdüngung ist aufgrund der hohen Klimawirkung des Lachgases besonders wichtig. Düngung muss bedarfsgerecht und zeitnah zum Entzug erfolgen, moderne Düngetechnik mit optimaler Verteilung und Sensortechnik unterstützt dabei.
- Konservierende Verfahren reduzieren den Kraftstoffverbrauch und sind in standortangepasster Form (Arbeitstiefen und Fruchtfolgen) nachhaltig anwendbar. Strip Till ergänzt die bisher üblichen bekannten Verfahren.
- Mit konservierenden Verfahren lässt sich CO<sub>2</sub> in Form von Humus binden. Dies sollte als Chance für die Landwirtschaft gesehen werden.

**Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit!**



# Energieeffizienz der Landtechnik – Potentiale zur CO<sub>2</sub>-Reduktion - Intelligente Betriebsführung



**Hermann  
Auernhammer  
Freising-Weihenstephan**

AID1417 79

**Symposium**  
12./13.03.2013  
**Braunschweig**

**Wer die Geschichte nicht kennt ist dazu verdammt,  
sie zu wiederholen** (George Santayana: The Life of Reason, 1905)



# Aus dem Tagebuch eines Jüngbauern.

Kleine Utopie der Agrartechnik im Jahre 2010

20. Mai 2010: Ein denkwürdiger Tag in der Geschichte der Weltagrarmwirtschaft. Heute vor 32 Jahren, also am 20. 5. 1978 wurde das große Weltwirtschaftsabkommen unterzeichnet. Es ist unglaublich, welchen riesenhaften Aufschwung die Agrarmwirtschaft seit Bestehen der Vereinbarungen genommen hat. Wenn man in alten Büchern blättert, wird einem klar, daß hauptsächlich der Einsatz der durch die nun schon seit Jahrzehnten nicht mehr nötige Rüstung freigewordenen Arbeitsenergien der Weltwirtschaft grundlegend nach vorwärts half. Es muß ein komisches Gefühl gewesen sein, wenn man in alten Büchern liest, daß man in alten Zeiten auf Gedeih und Verderb angewiesen war und Dürrezeiten auf Gedeih und Verderb geliefert zu sein. Mir scheint es sehr wahrscheinlich, daß die internationale Witterung seitige Witterungsverhältnisse ändern wird.

25. Mai 2010: In den hinter dem Ural gebieten, die sich zu der gemeinschaftlichen Wetterkontrolle nicht entschließen konnten, gehen seit vierzehn Tagen ununterbrochen Wolkenbrüche nieder. Diese Verminderung der russischen Ernteerträge ist für uns nur günstig. Rußland, mit seiner Kornkammer Ukraine, mit seinen alles erdrückenden Großraumwirtschaften und den billigen Arbeitskräften, hat sich zu einem Erzeugungsgiganten entwickelt. Die „Vereinigten Staaten von Europa“ sind nur mehr Pufferstaat der Weltwirtschaft, da von der anderen Seite Uebersee die Preistendenz drückt. Amerika und Argentinien haben aus ihren Betrieben förmliche Farmfabriken gemacht.

2. Juni 2010: Gestern war ich mit dem Ueberschall-Atomkreuzer auf der Agrarmesse in Detroit. Großvater meint, wenn sich auch alles geändert hätte, schöne Reden zu halten und den Leuten das Geld aus der Nase zu ziehen, verstehe man noch immer. Am meisten hat mir die Behandlung des Weizens mit radioaktiven Strahlen imponiert. Man soll damit bis zu acht Ernten im Jahr erreichen können. Nur über die Herkunft des dazu notwendigen Wassers wurde nichts gesagt.

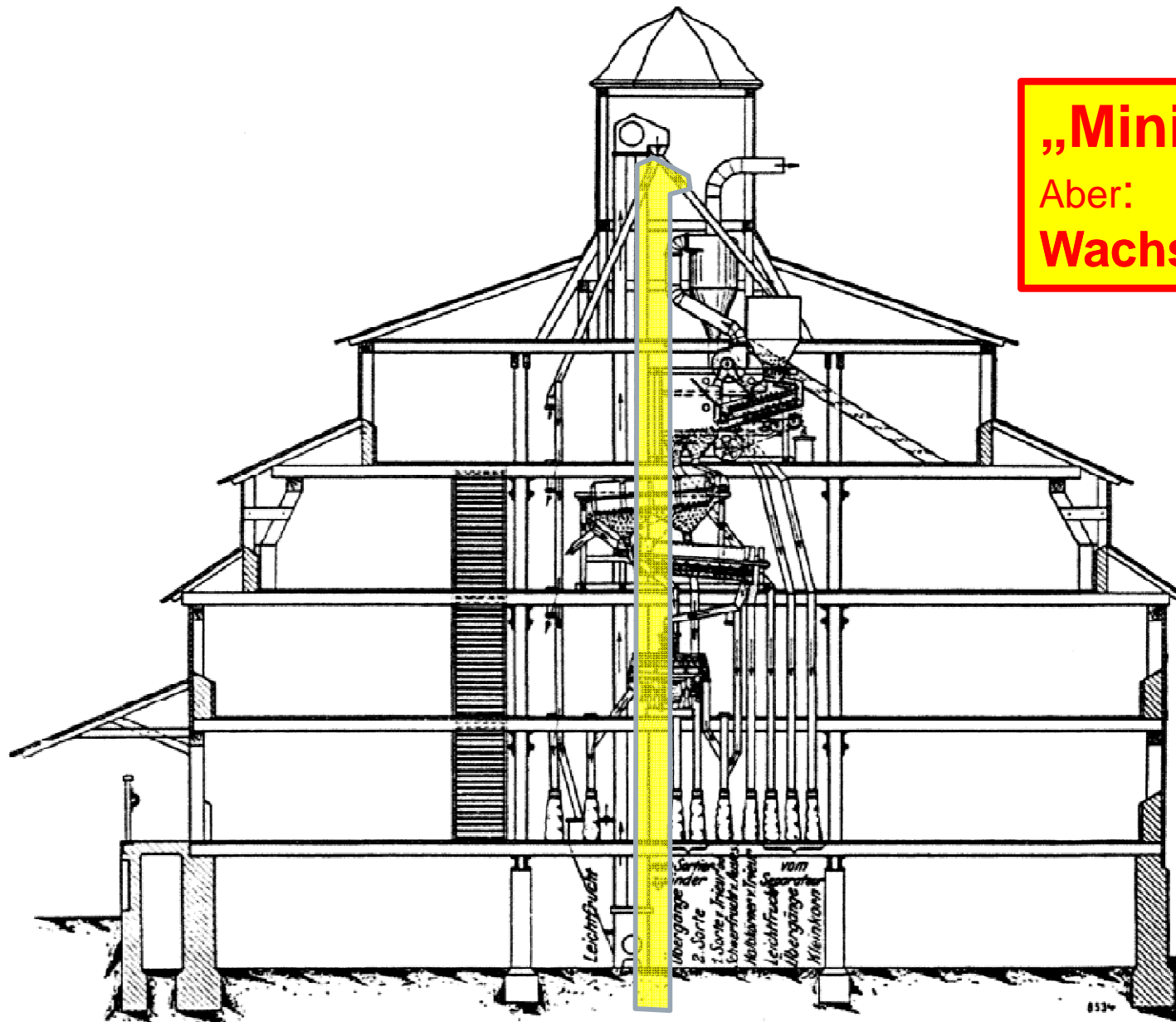
5. Juni 2010: Heute hat der plastische Fernsehkundendienst der Atomin-Traktorenfabriken sein Werkstück gebracht. Das „Robot-Gespann“ aus zwei Traktoren, deren Befehlsgerät am Hof eingestellt wird. Das Gespann soll dann alle befohlenen Arbeiten ausführen. Man hofft, daß man die jetzige Einzelschlepperarbeit in zwei Stunden in Kürze auf vier Stunden verlängern kann. Der im Schlepper eingebaute 10-Scharpflug stellt seine Tiefe durch Radar-Taster selbständig ein.

18. Juni 2010: Der Berater, der heute auf den Hof kam, hat uns ein neues, von der Fabrik im Gemeinschaftseinsatz kostenlos zur Verfügung gestelltes Atomenergie-Aufladegerät gezeigt. Mit ihm soll man den kleinen Atomtank im Motor nur alle vier Monate einmal eine halbe Stunde aufladen brauchen. Durch Zusätze sollen Leistungs-Steigerungen bis zu 100 % erzielt werden können. Ich will morgen in die Fabrik fliegen und mir die Sache ansehen. . . .

„Null CO<sub>2</sub>“ !

Aber:

Wohin mit dem Müll ?



**„Minimum CO<sub>2</sub>“ !**

Aber:

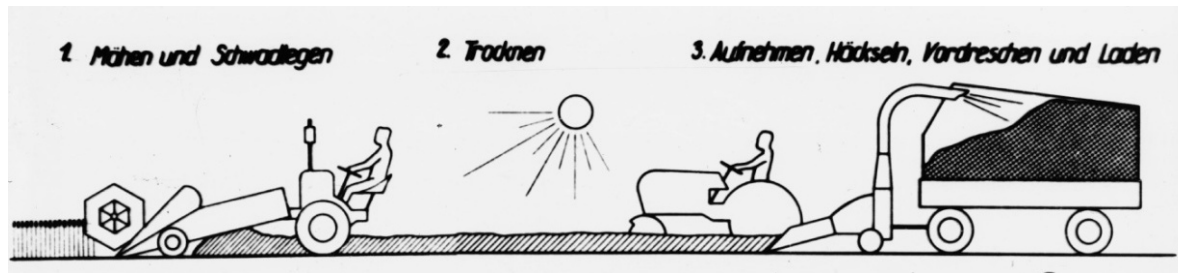
**Wachsende Betriebsgröße ?**

Abb. 281. Getreidespeicher mit übereinanderstehenden Maschinen (Vorreinigungs-  
maschine mit Windsege, Sortierzylinder, Trieur, Tischausleger).

Quelle: Kühne, G. und Meyer, E.: Leitfaden der Landmaschinenkunde 1930, S. 61

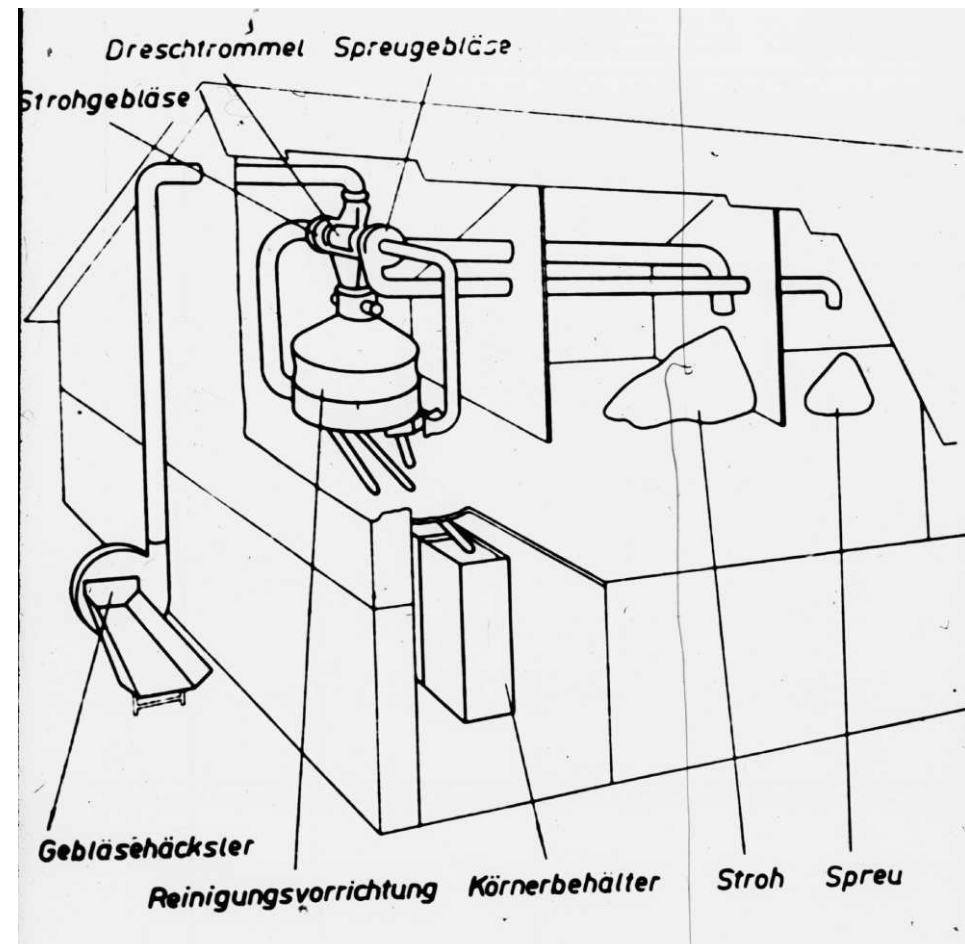
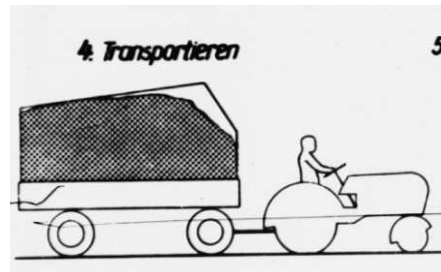


# Betriebsführung – Winterarbeit in <sup>(enge)</sup> Erntezeitfenster integriert ???



**Teildrusch im Häcksler !  
Transportkapazität ?  
Luftstromförderung ?**

<http://mediatum.ub.tum.de/node?id=722488>



<http://mediatum.ub.tum.de/node?id=722489>



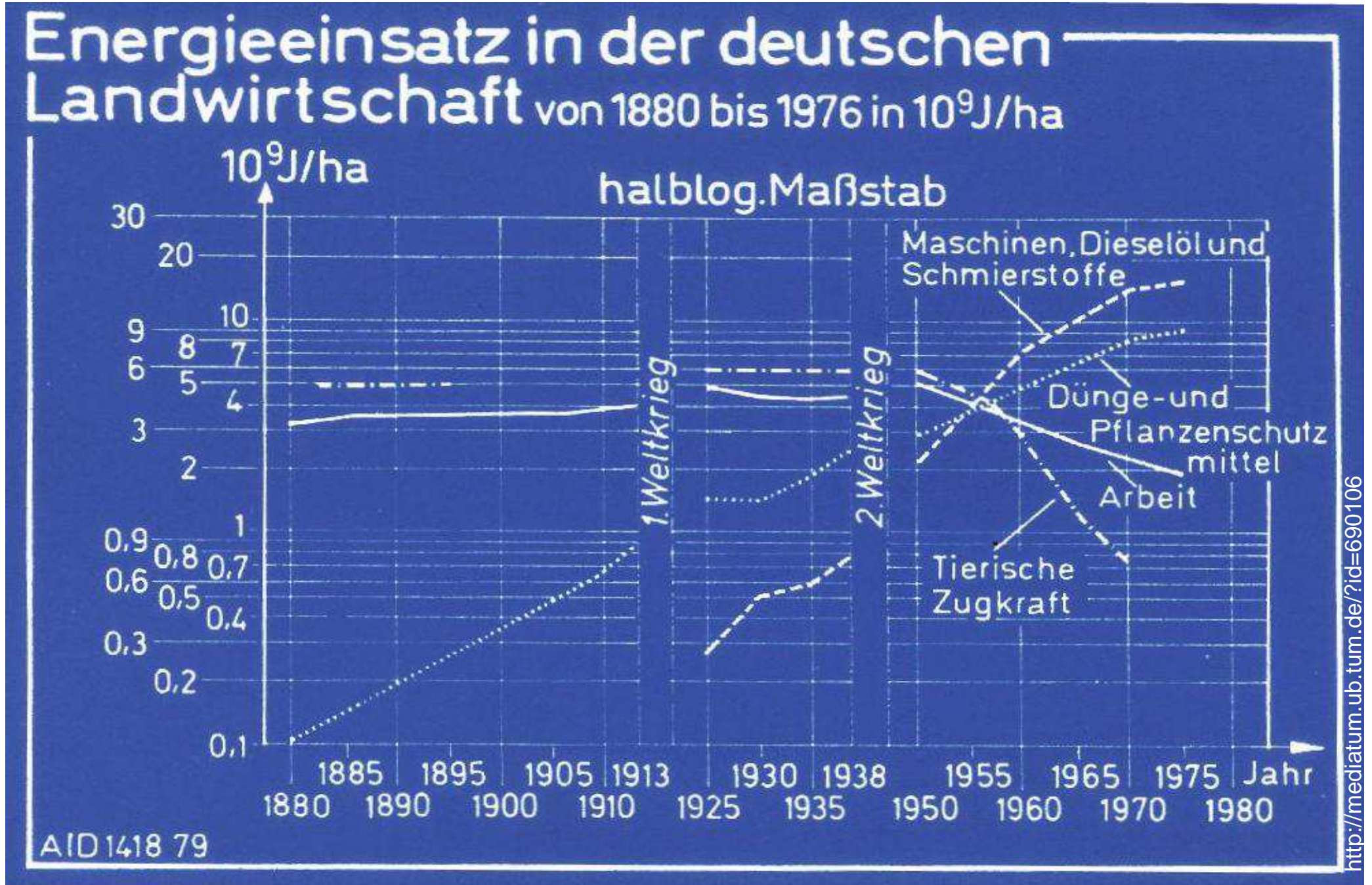
# Betriebsführung – Spezialmaishäcksler im Paralleleinsatz ???



**1 Reihe = 0,75 m → 4 Fahrspuren**

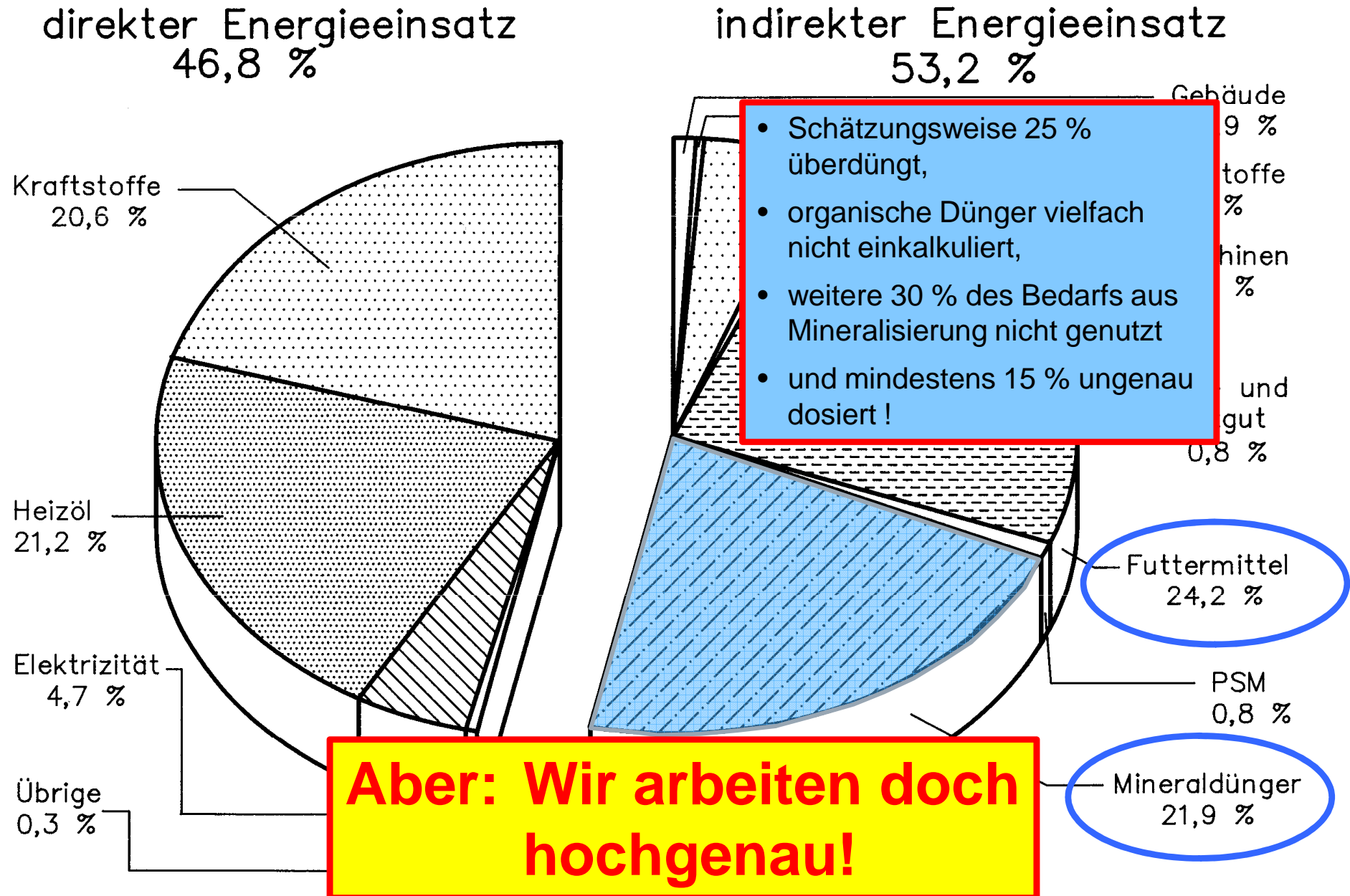
- bei Reifenbreite 400 mm = 2,13-fache Überfahrungsfläche
- bei Reifenbreite 600 mm = 3,20-fache Überfahrungsfläche







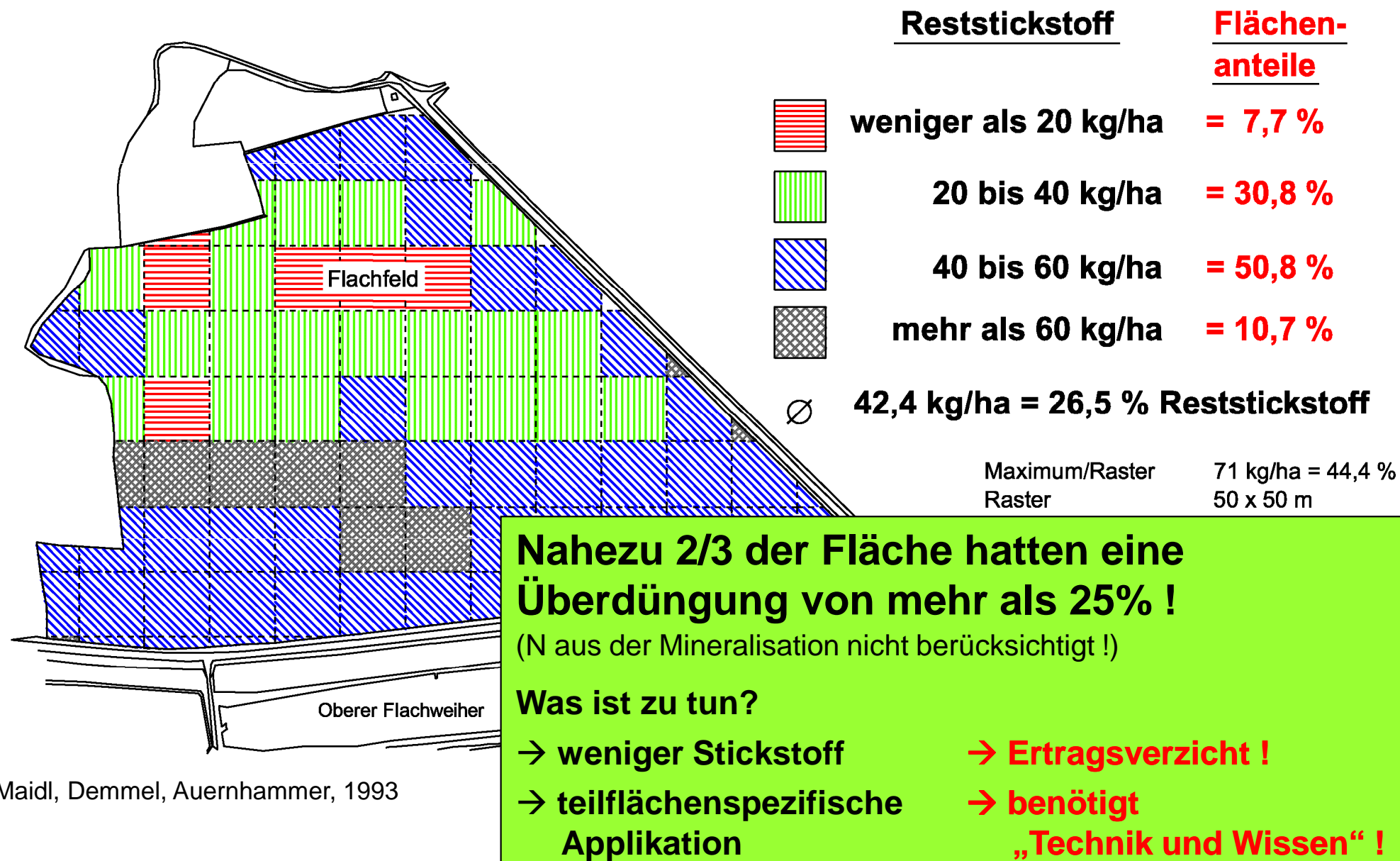
# Gesamtenergieeinsatz in der deutschen Landwirtschaft (einschl. Garten- und Weinbau)



Quelle: KTBL - Schrift 320

# Ernüchterung - Kalkulierter Reststickstoff „Flachfeld 1991“

(Winterweizen „ORESTIS“; Vorfrucht Getreide, 16,6 ha; Düngung 160 kg N/ha einheitlich)

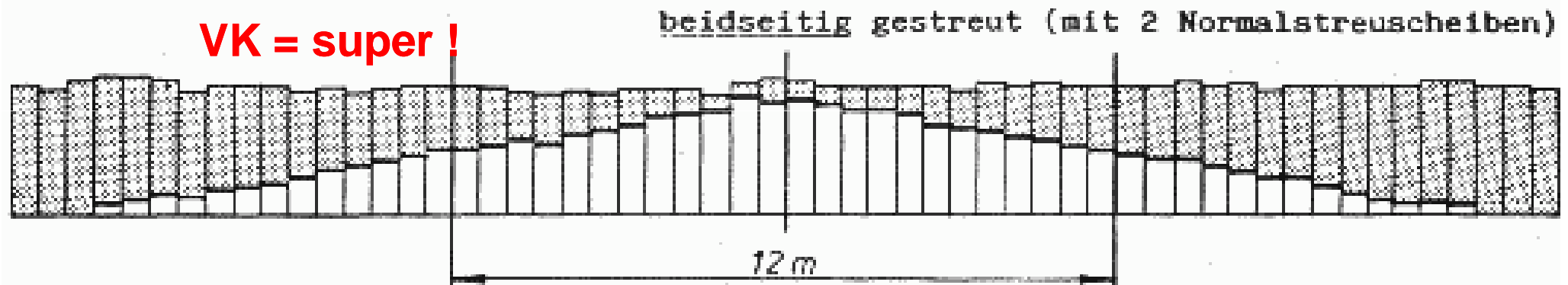


# Vergleichende Versuchsergebnisse W-Weizen ( MAIDL 2006)

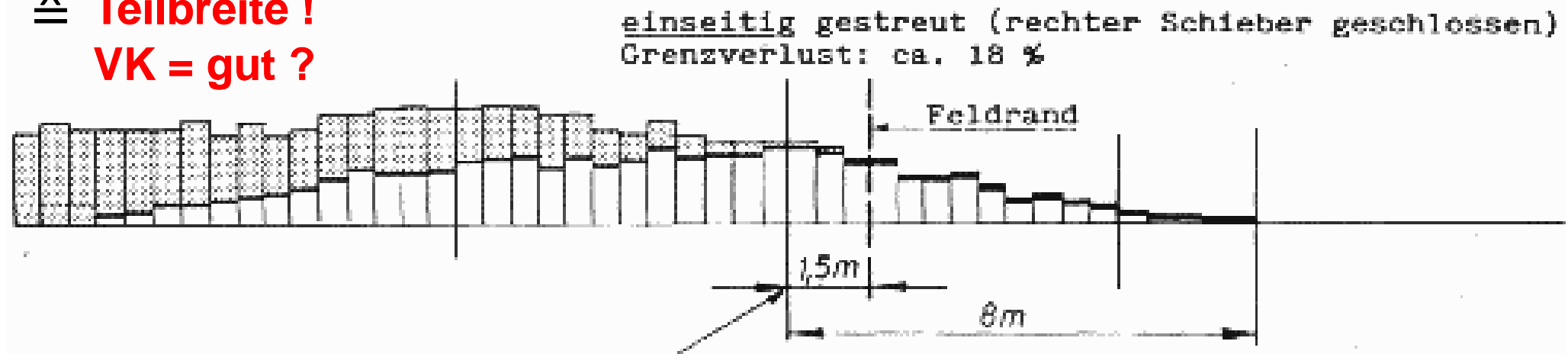
Ertagspotential	Einheitlich	Mapping	Online	Online+Map
N-Düngung insgesamt (kg/ha)				
hoch	180	200	163	175
mittel	180	180	193	180
niedrig	180	160	204	146
gesamtes Feld	180	180	187	167
Korn - Stickstoffbilanz (kg N/ha)				
hoch	3,6	23,2	-19,2	-9,6
mittel	48,2	48,2	26,5	10,5
niedrig	45,2	40,4	60,5	-8
gesamtes Feld	32,3	37,3	22,6	-2,4
N-kostenfreier Ertrag (€/ha)				
hoch	984	947	995	1014
mittel	780	780	822	935
niedrig	745	706	799	889
gesamtes Feld	849	804	902	944

Bei diesem Ansatz ist eine ausgeglichene N-Bilanz möglich

*Ich möchte nur zeigen was wir tun,  
denn Mineraldüngung = Wurfstreuer !*



**≙ Teilbreite !**  
**VK = gut ?**



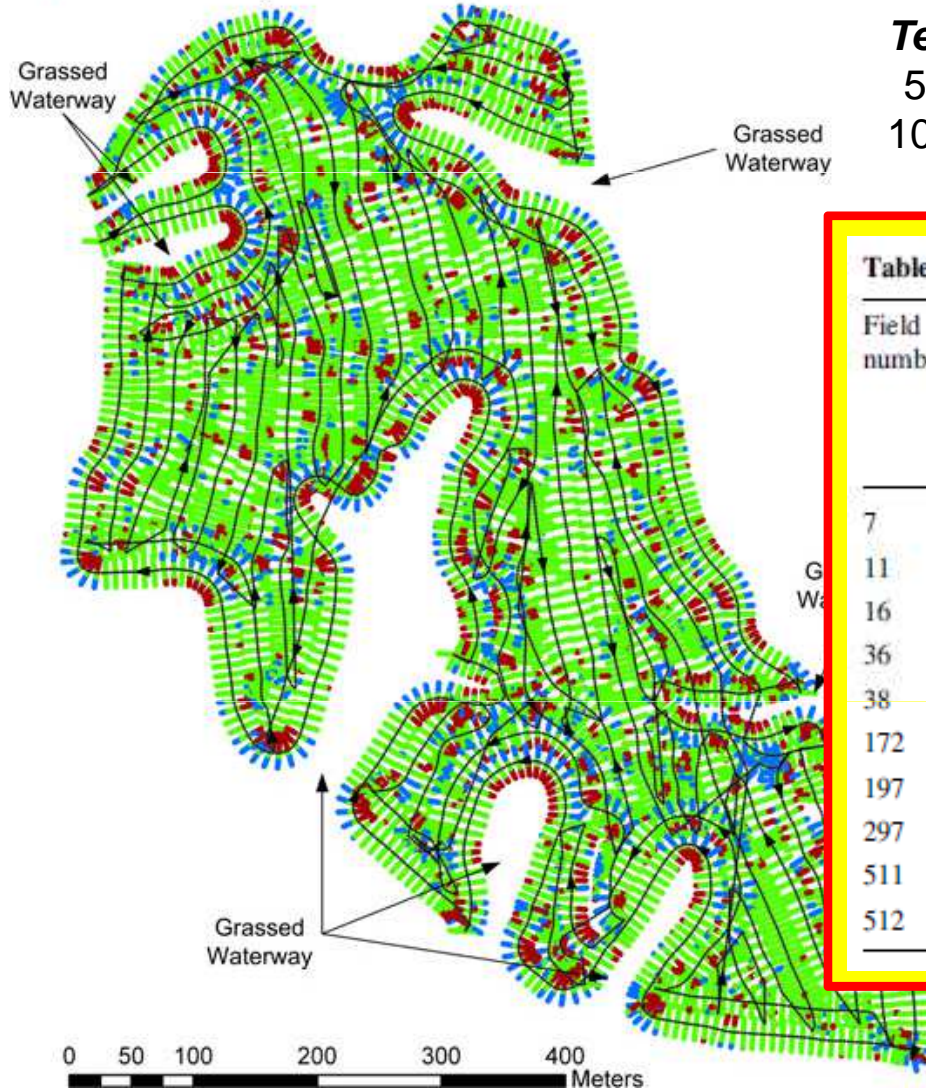
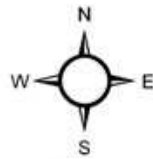
**Und: Wir testen nur unter linearen, geradlinigen Bedingungen,  
denn unser Denken ist geprägt von der rechtwinkligen,  
seitenparallelen Feldflur !**



# Betriebsführung – Einzeldüsen-gesteuerte Applikation

## Off-Rate Application Error

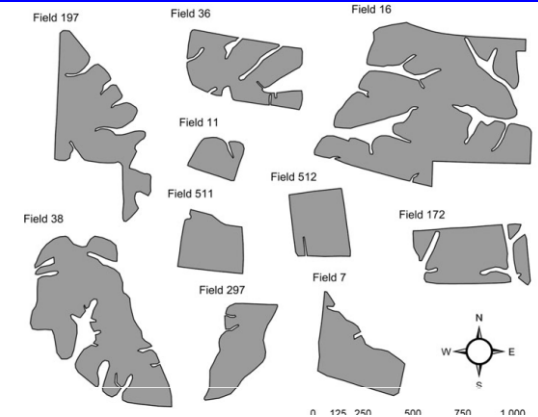
- Field 38
- > 10% Below Target Rate
  - Target Rate +/- 10%
  - > 10% Above Target Rate



10 Felder  
185 ha  
25 m AB

## Teilbreiten mit 30 Kanälen

51 cm Abstand am Auslegerende  
102 cm Abstand dazwischen



**Table 1** Summary of  $\theta_{avg}$  and off-rate application errors exceeding  $\pm 10\%$  of the target rate

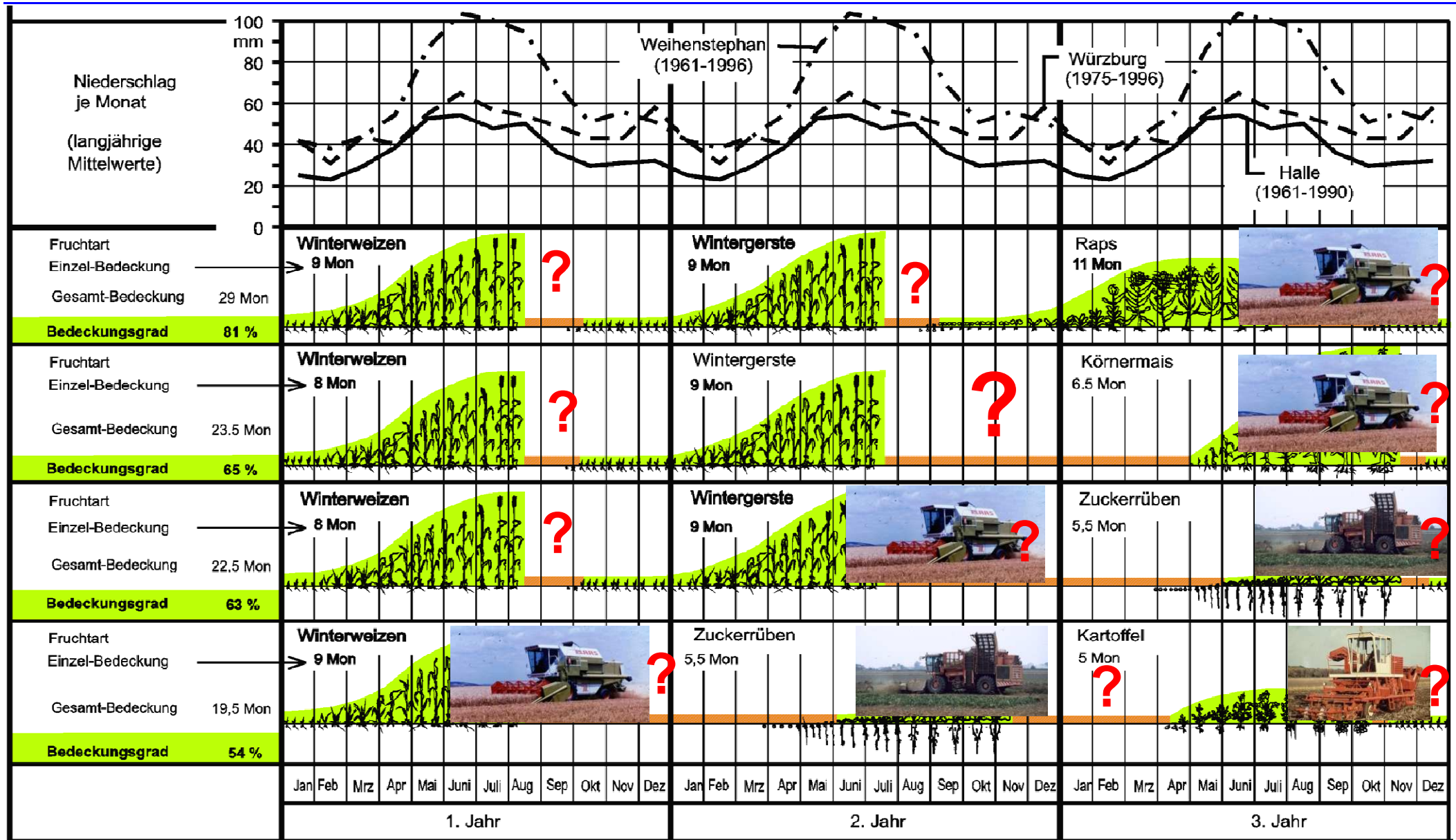
Field number	$\theta_{avg}$ ( $^{\circ}$ )	Total field area sprayed (ha)	Portion of field applied at specified percentage of target rate				
			<90% of target rate (ha)	>110% of target rate (ha)	<90% of target rate (%)	>110% of target rate (%)	Target rate $\pm 10\%$ (%)
7	4.03	11.47	0.72	0.52	6.3	4.6	89.2
11	4.18	4.41	0.38	0.30	8.7	6.8	84.5
16	4.87	57.18	5.21	3.36	9.1	5.9	85.0
36	4.41	15.64	1.29	0.90	8.2	5.7	86.0
38	5.90	34.89	4.85	3.46	13.9	9.9	76.2
172	5.43	13.77	1.34	0.86	9.7	6.3	84.0
197	6.46	21.29	2.99	2.09	14.0	9.8	76.2
297	4.53	10.50	1.02	0.78	9.7	7.4	82.9
511	3.50	8.70	0.44	0.35	5.0	4.0	91.0
512	2.86	9.08	0.31	0.28	3.4	3.1	93.5

## Präzise Applikation ?

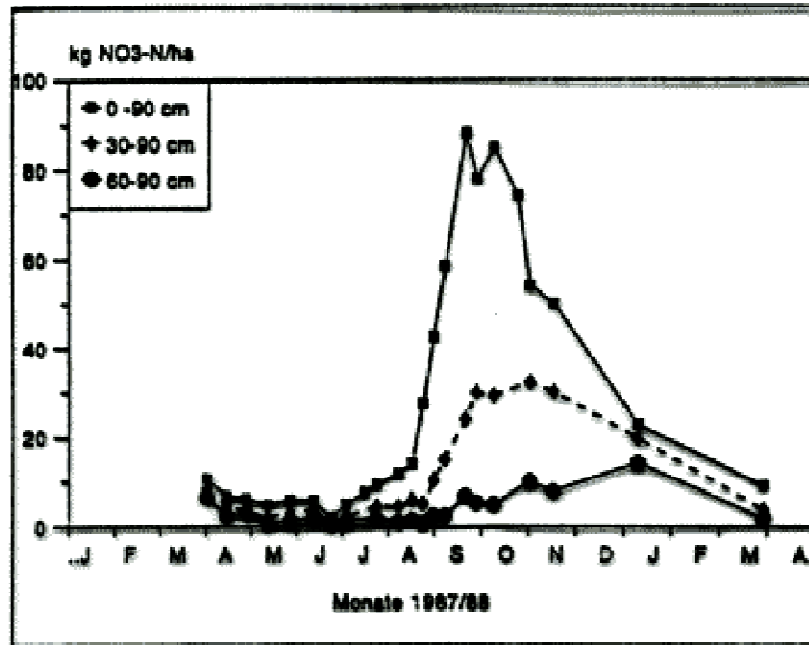
Source: Joe D. Luck • Santosh K. Pitla • Rodrigo S. Zandonadi • Michael P. Sama • Scott A. Shearer, Precision Agric (2011) 12:534–545



# Betriebsführung – Fruchtfolgen



# Wachstum = Stickstoffversorgung = Mineralisierung

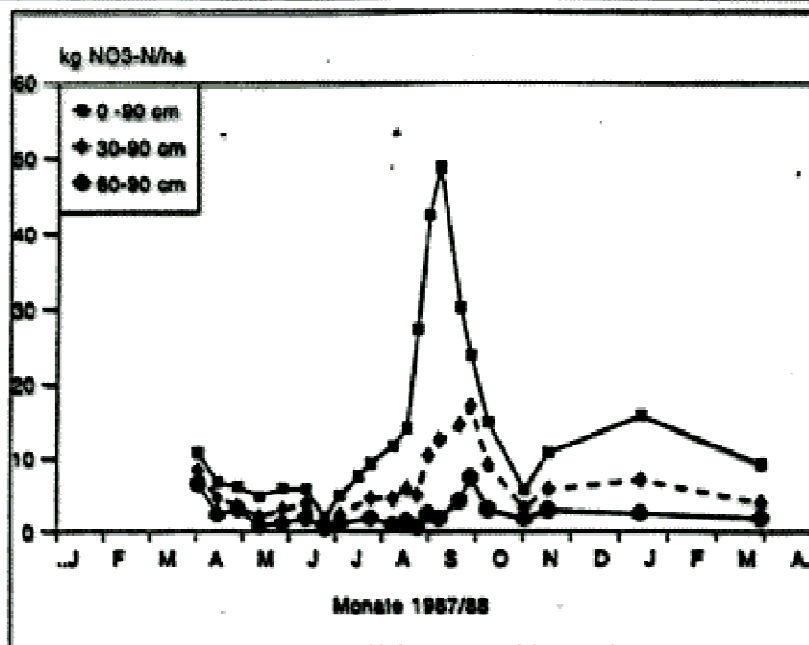


## Winterroggen ohne Nachfrucht

- weitgehender Verbrauch des mineralisierten NO<sub>3</sub>-N durch Winterroggen
- hoher Anstieg NO<sub>3</sub>-N in dritter Mineralisierungsphase
- hohe Nitratanreicherung bis Oktober

Wachstum ist CO<sub>2</sub>-Einlagerung = CO<sub>2</sub>-Senke, wenn N aus der Mineralisierung **vollständig** genutzt wird

→ Also schon vor der Ernte!



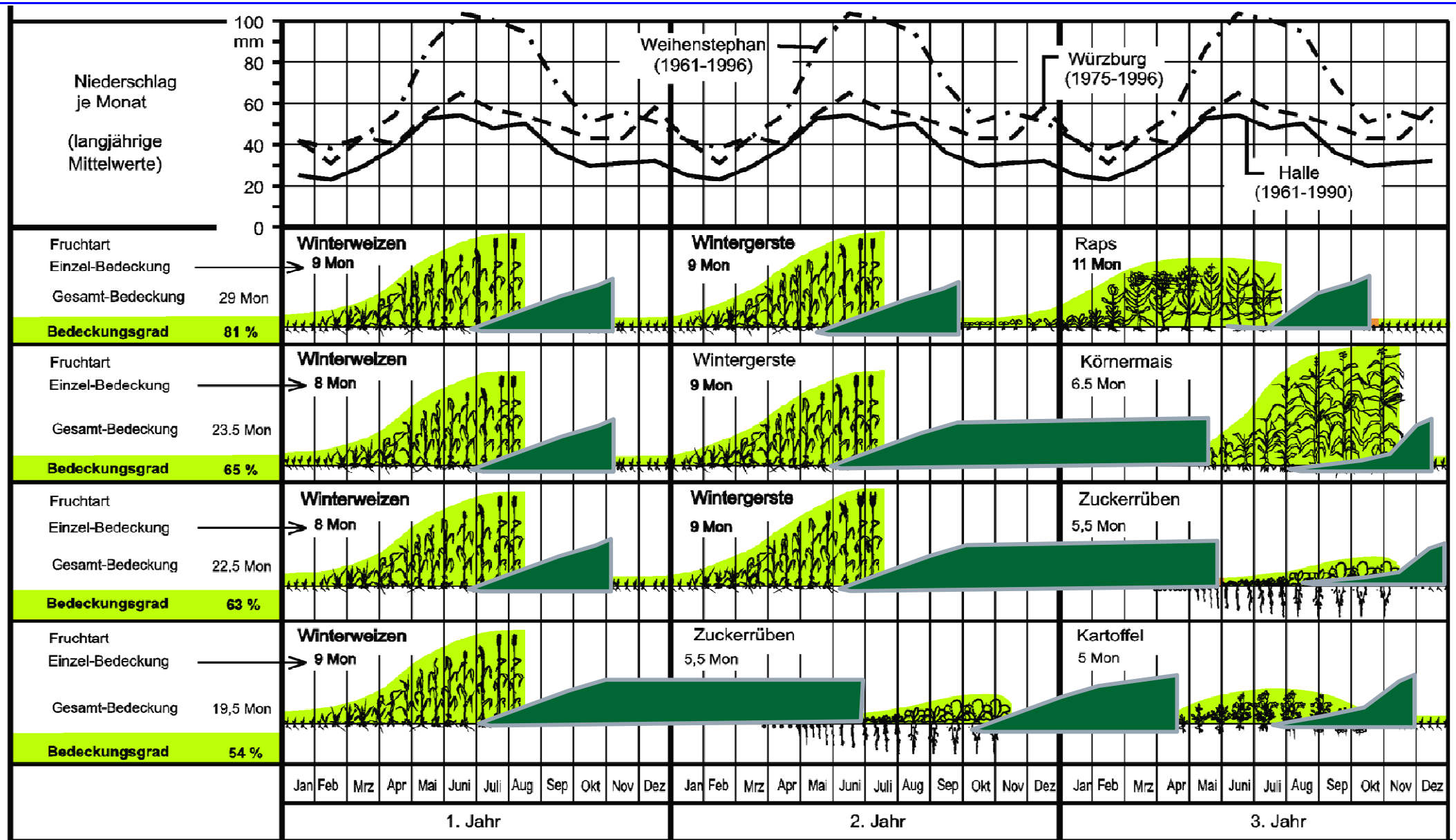
## Winterroggen mit Wickroggen-Gründüngung ab Mitte August

Einpflügen einer Wickenroggen-Gründüngung Anfang März 1988 auf humusarmen Sandboden

- weitgehender Verbrauch mineralisiertes NO<sub>3</sub>-N
- hoher Anstieg NO<sub>3</sub>-N in dritter Mineralisierungsphase
- weitgehender Verbrauch durch Folgegründüngung

Quelle: nach Scheller 1998

# Betriebsführung – Bestellsysteme und Fruchtfolgen



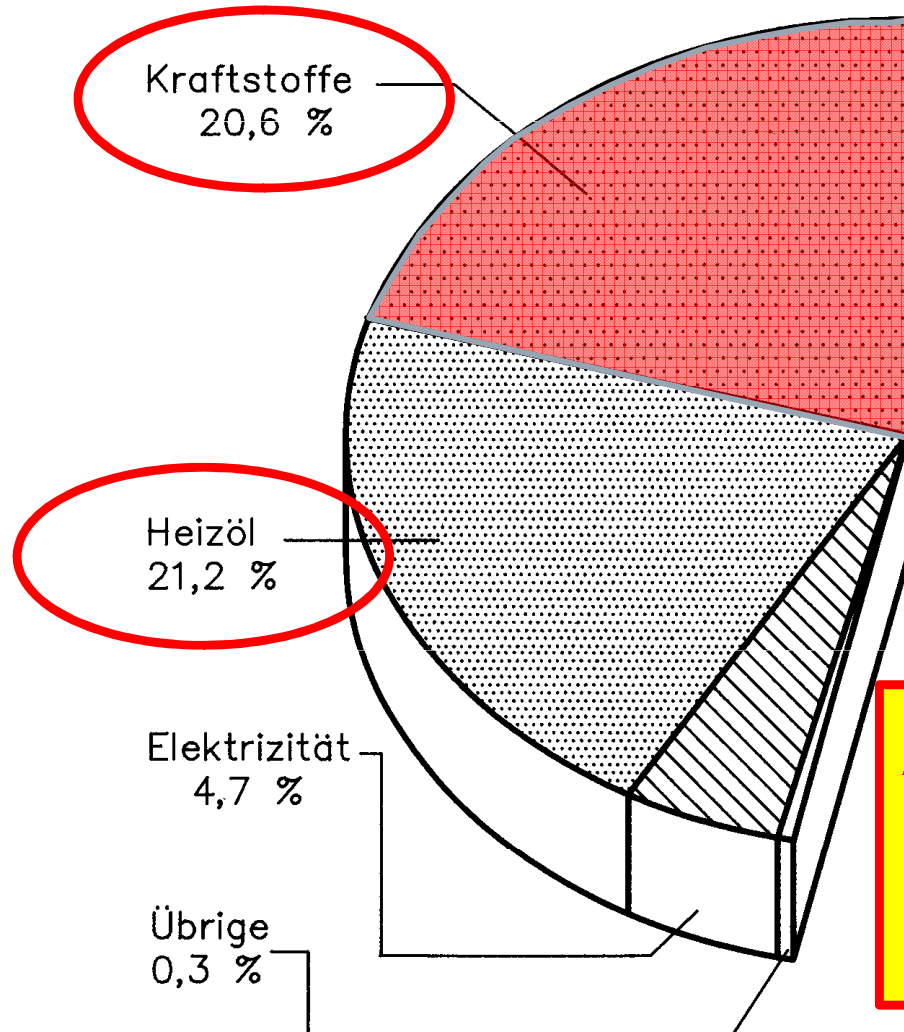
Wachstum ist CO<sub>2</sub>-Einlagerung = CO<sub>2</sub>-Senke

Wachstum ist CO<sub>2</sub>-Einlagerung = CO<sub>2</sub>-Senke aber nur dann, wenn Wachstum unbegrenzt auch nach der Hauptfruchternte gewährleistet **und** nicht geerntete org. Substanz in den Boden integriert (Humusbildung) wird !

# Gesamtenergieeinsatz in der deutschen Landwirtschaft (einschl. Garten- und Weinbau)

direkter Energieeinsatz  
46,8 %

indirekter Energieeinsatz  
53,2 %



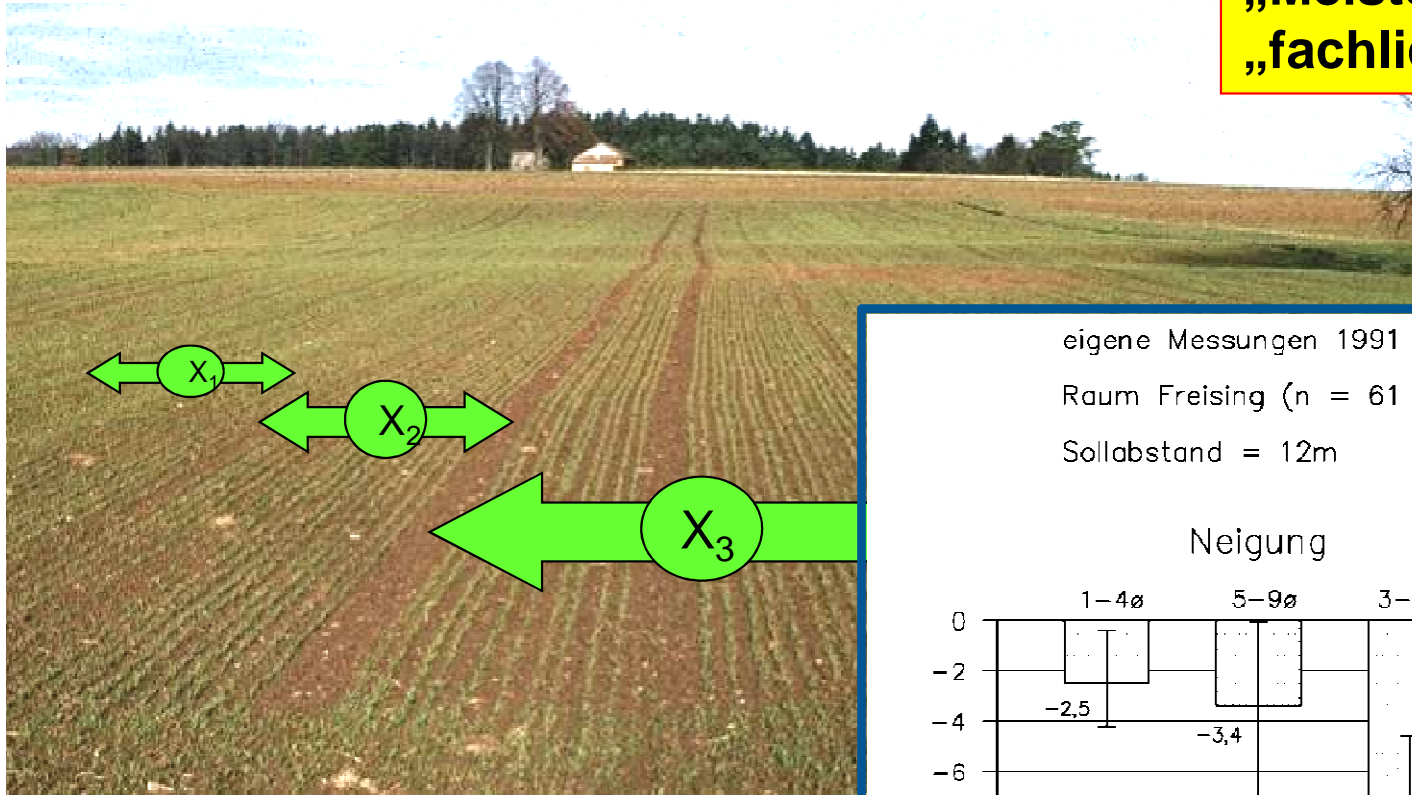
- Die Wirkungsgrade der Dieselmotoren nähern sich der 50 % Grenze,
- mit TIER IV werden Dieselmotoren zu Luftreinigungsmaschinen,
- stufenlose Getriebe erlauben den Einsatz im Minium-Verbrauchsereich,
- und Allradantrieb minimiert den Schlupf !

Gebäude 0,9 %  
Schmierstoffe 0,1 %  
Maschinen 4,5 %  
Saat- und Pflanzgut 0,8 %  
Futtermittel 24,2 %

**Aber: Wie setzen wir diese hocheffiziente Antriebstechnik ein ?**

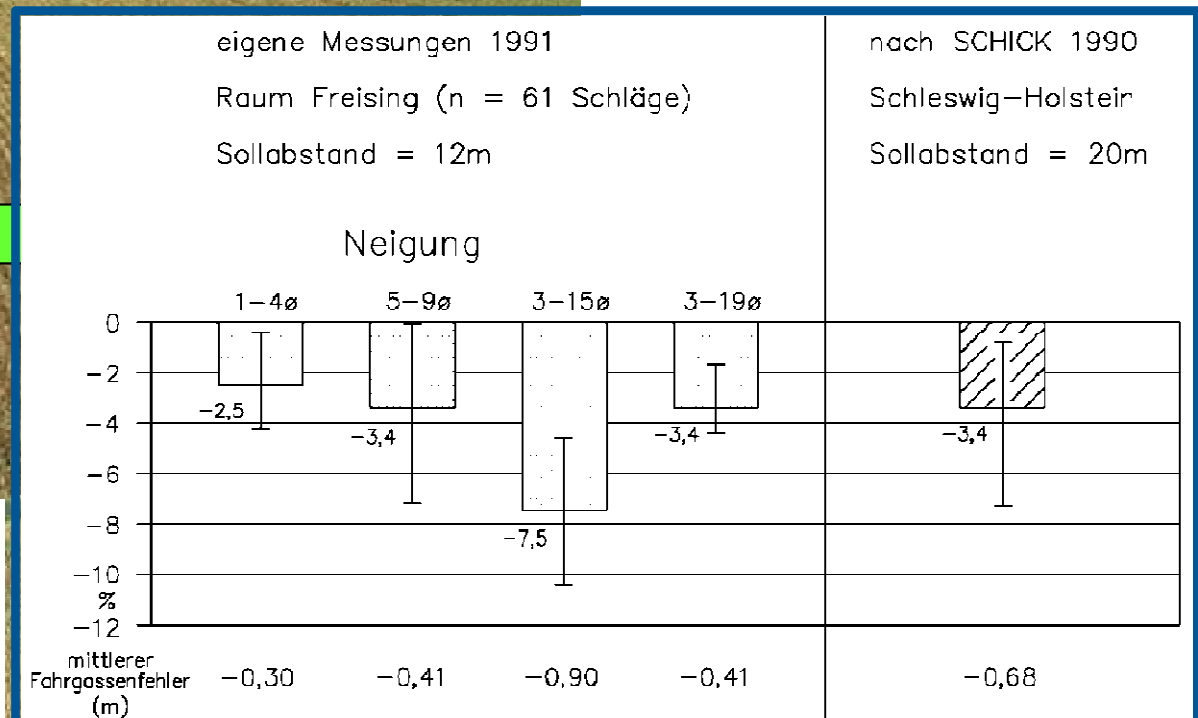
# Fahrgassen – der erste (mechanische) Schritt in den 70ern

Nach der Saat



X-Präzision ist hoch wenn  
exakt gedrillt !

Eine europäische  
„Meisterleistung“ für die gute  
„fachliche Praxis“

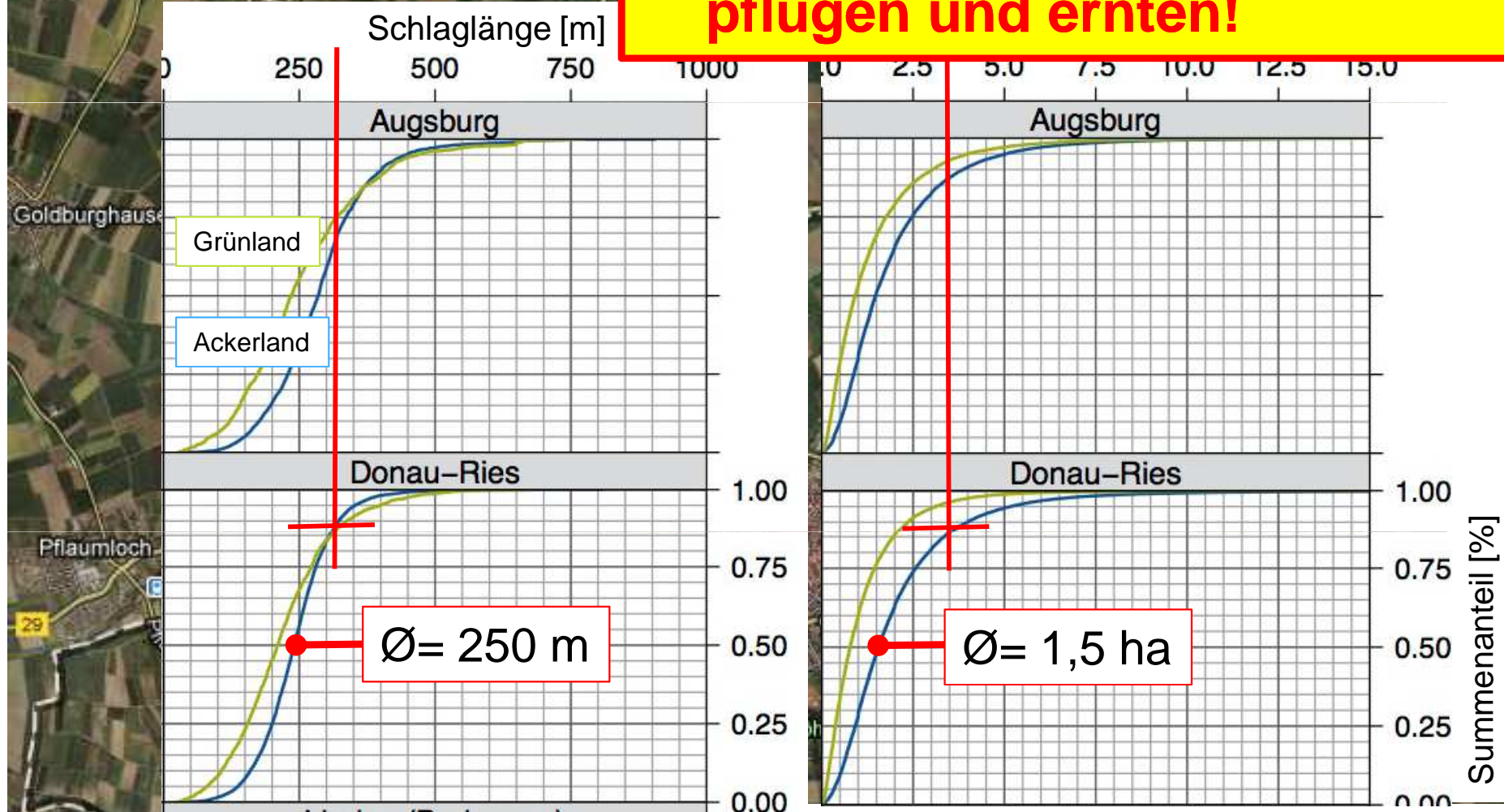


**Und:** Fahrgassen bisher ausschließlich auf Applikationsgeräte mit großer Arbeitsbreite ausgelegt und damit nur für „**Pflegemaßnahmen**“ nutzbar !



# Betriebsführung – Fruchtbares Ackerbauggebiet und ???

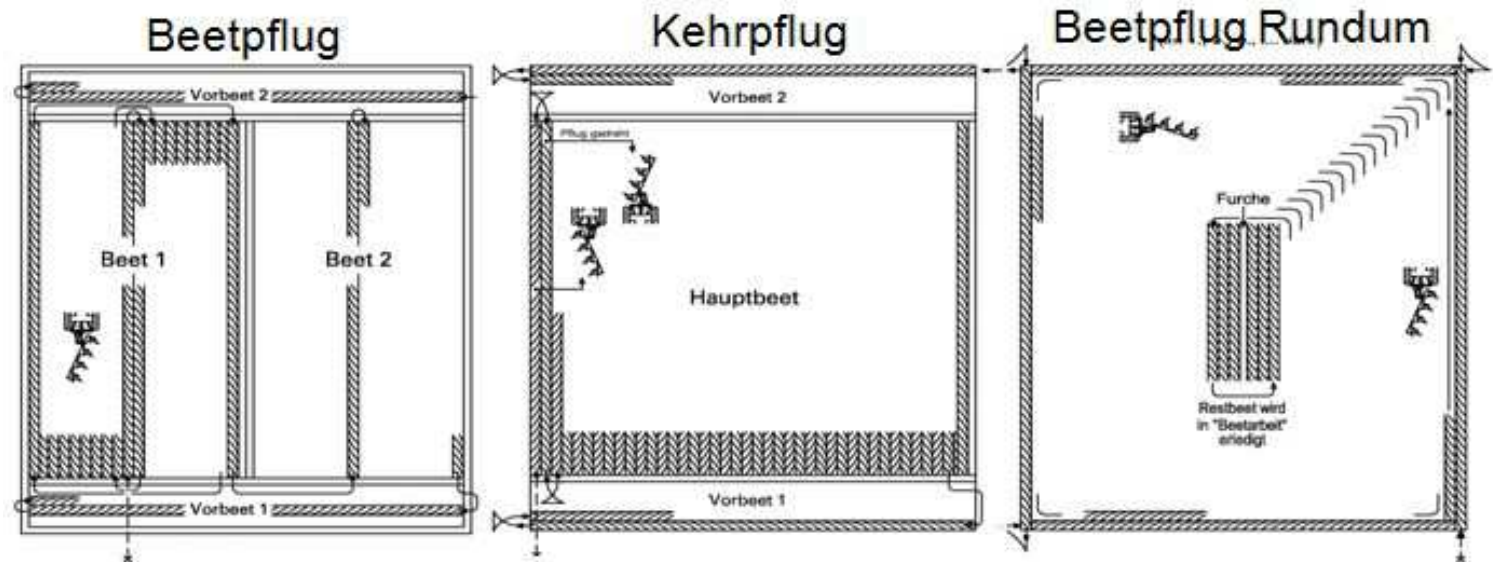
→ Und Mais wird zur Hauptfrucht  
(quasi Monokultur), also:  
**pflügen und ernten!**



Machl, T.: Analyse von Feldstückform und Feldstückgeometrie auf Grundlage von InVeKoS-Daten.  
M.Sc.-Arbeit TU München 2012 (<http://mediatum.ub.tum.de/?id=1106561>)

Beetpflug heute vergessen, obwohl:

- Leichter
- Billiger
- Weniger Hubkraft
- Weniger Bodendruck
- ...



Systemdaten	Parameter	Einheit	Beet	Auf-Ab	RundUm
SG = <b>1,5 ha</b> SL = <b>250 m</b> SB = 60 m BB = 60 m AG = 8 km/h WR = 8 m	Hauptzeit	AKmin	56,6 (100)	55,3 (97,7)	55,1 (97,3)
	Wendezeit	AKmin	32,1 (100)	19,0 (59,2)	15,3 (47,7)
	Gesamtzeit	AKmin	88,8 (100)	74,3 (83,7)	70,4 (79,3)
	Flächenleistung	ha/h	1,01 (100)	1,21 (119,8)	1,28 (126,7)
	Fahrweg "Wenden"	km/ha	1,008 (100)	1,041 (103,3)	0,497 (49,3)
SG = <b>2,5 ha</b> SL = <b>300 m</b> SB = 100 m BB = 80 m AG = 8 km/h WR = 8 m	Hauptzeit	AKmin	110,9 (100)	109,2 (98,5)	108,4 (97,7)
	Wendezeit	AKmin	46,4 (100)	27,6 (59,5)	27,0 (58,2)
	Gesamtzeit	AKmin	157,3 (100)	136,4 (86,7)	135,4 (86,1)
	Flächenleistung	ha/h	1,14 (100)	1,32 (115,8)	1,33 (116,7)
	Fahrweg "Wenden"	km/ha	0,676 (100)	0,774 (114,5)	0,440 (65,1)



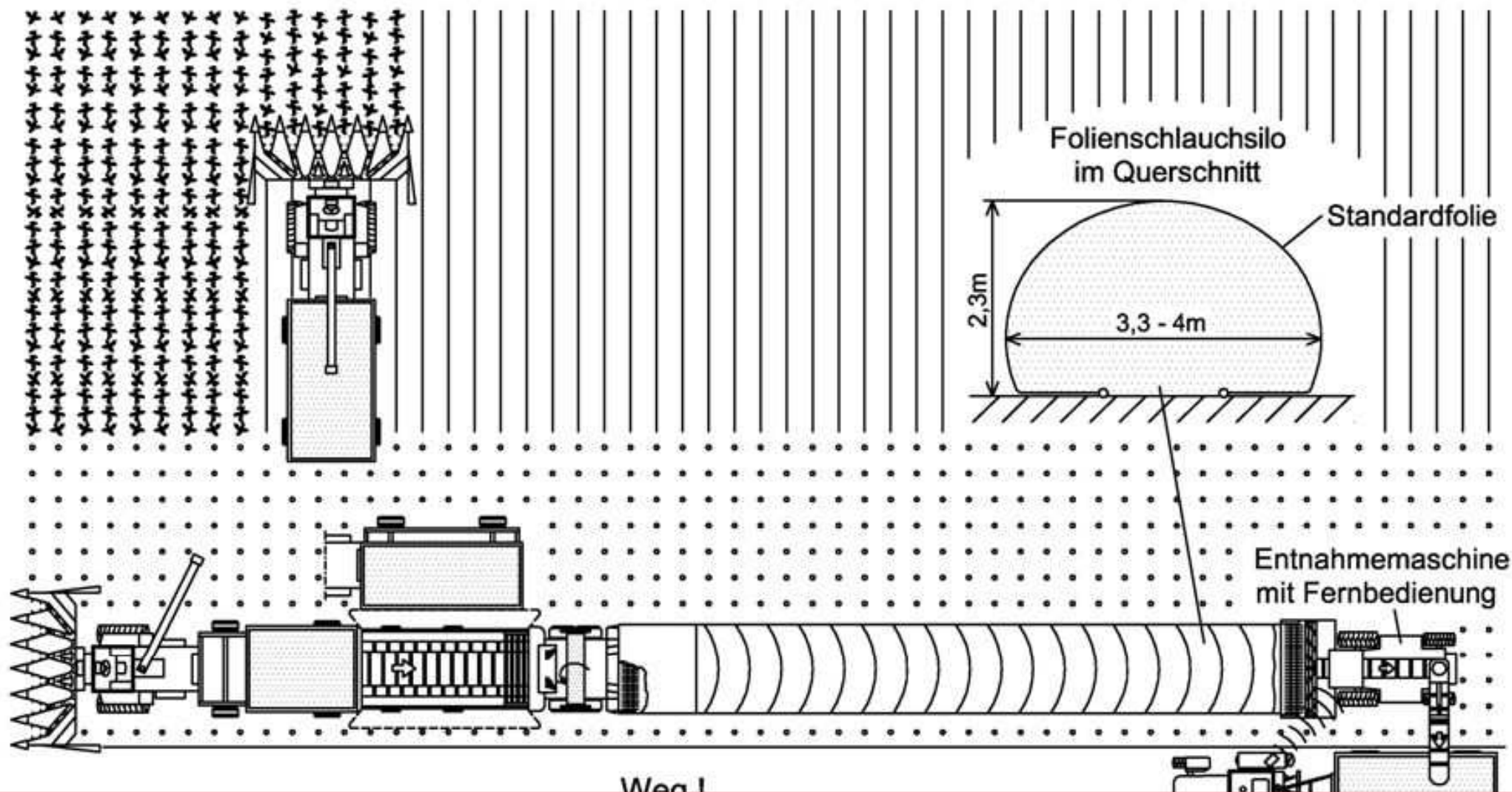
# Betriebsführung – Silomaisерnte mittlerweile größer, aber:



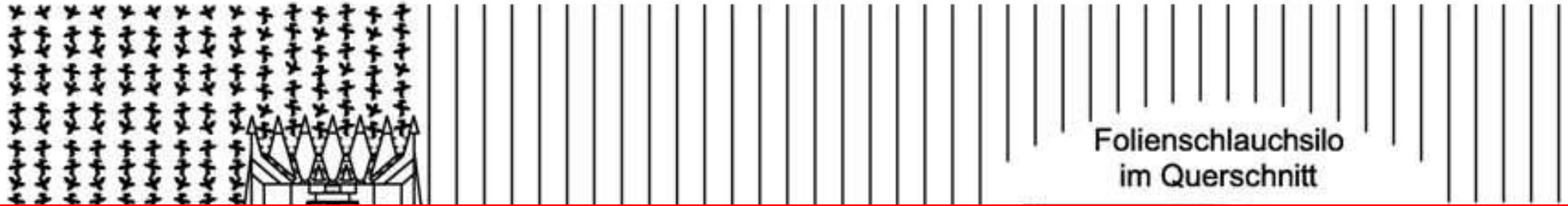
Auernhammer, <http://mediatum.ub.tum.de/?id=698984>



# Betriebsführung – Silomaisерnte im System



Bunkerhäcksler mit 12 t und 6-reihig bei 60 t/ha nimmt 444 m Schlaglänge auf,  
kann im Lkr. Donau-Ries 75 % aller Schläge in Einmann-Arbeit ernten !



## Und:

- Schnelllaufender Traktor mit Hänger nicht mehr im Feld
- Keine Wartezeiten bei mangelhafter Abfuhrorganisation
- Keine Überkapazitäten bei Abfuhrflotte
- Kontrollierte Verdichtung
- Nachgärverluste weitestgehend zu vermeiden
- 2 Leerfahrten Hof-Feld entfallen
- Substrat wird zwangsläufig zur Herkunftsstelle zurückgebracht
- Keine saisonale Straßenüberlastung
- ...

## Aber:

**Wir haben (mögen) schnelle und leistungsstarke Traktoren !**



# Agrartechnik- groß, größer und immer noch größer ?

**1978: Big Bud mit 900 PS !  
Der größte Schlepper der  
Welt wiegt 58,9 t**

**(dummer Riese ?)**

**Geht per Gesetz in Europa nicht !**



PM 11/2009, S. 32



**2009**

**2007**

**Und 2021 dann 10 Achsen ?**



# Großtechnik ja, aber effizientere Antriebssysteme !!!

**1978: Big Bud mit 900 PS !**  
**Der stärkste Schlepper**  
**der Welt wiegt 58,9 t**  
(dummer Riese ?)

**2006: BigX 1000 von KRONE**  
**mit 1020 PS ! Die stärkste**  
**Landmaschine der Welt**  
**wiegt 14,9 t (ohne Vorsatz)**

**Ein (intelligenter) Zwerg !!!**



**Höhere  
Leistungs-  
dichte**

- weniger Masse
- weniger Bodenverdichtung
- weniger Treibstoffverbrauch
- geringerer Ressourcenverbrauch (Material, Energie, ... )

→ **Antreibende** anstelle von ziehender Technik für morgen !

**Oder ...**



„So ... ???

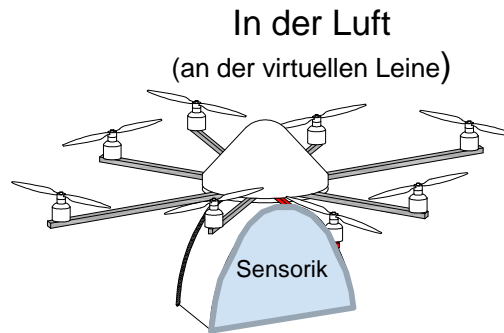


Können wir damit 5 – 18 t/ha ernten?  
Oder was können wir mit dieser  
*Technologie eigentlich tun ?*





# Mini-Roboter – zwei Varianten für morgen und übermorgen?



## Die “intelligente” Plattform

- Größte Belastbarkeit
- Geringster Energieverbrauch
- Autark durch Solarzellen
- Spezialisiert auf bestimmte Aufgaben
- Permanente Überwachung
- Teilschläge
- Fähigkeiten
- Mechanische Flexibilität
- Wenn benötigt auch chemischen Pflanzenschutz

### Sinnvoll nur, wenn

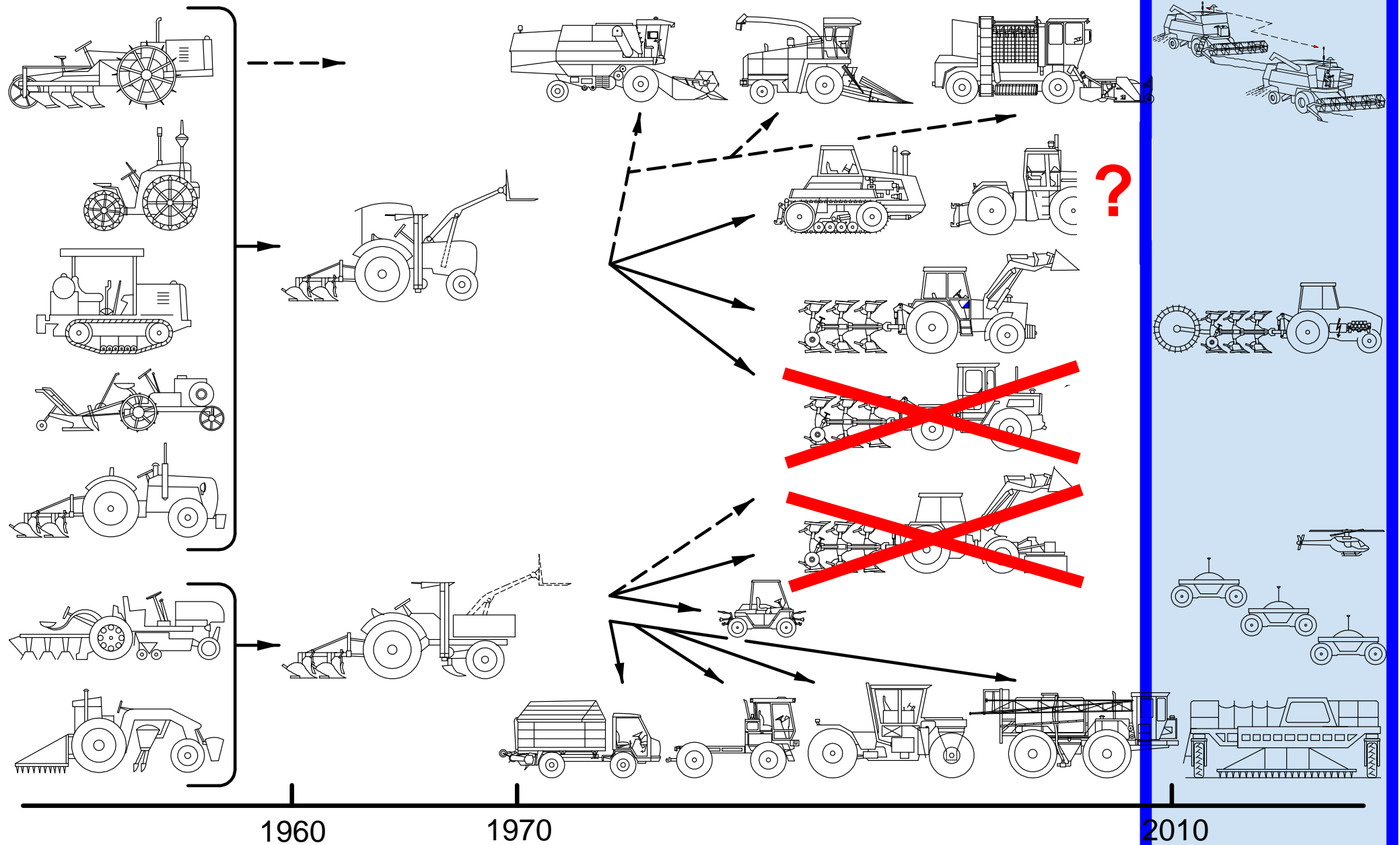
- Eingeschränktes Land
- Ausreichend Zeit für Bearbeitung
- Spezifische Aufgaben
- Hochwertige Pflanzen
- **Heutige Technik unzureichend !**

## Der kleine Dumme, z.B.:

- Staubsauger
  - Rasenmäher
- Kann ruhig eine Stelle zwei- oder auch mehrmals bearbeiten. Wichtig ist nur, dass er alles in einer vertretbaren Zeitspanne bearbeitet und danach zur Versorgungsstation zurück kehrt !

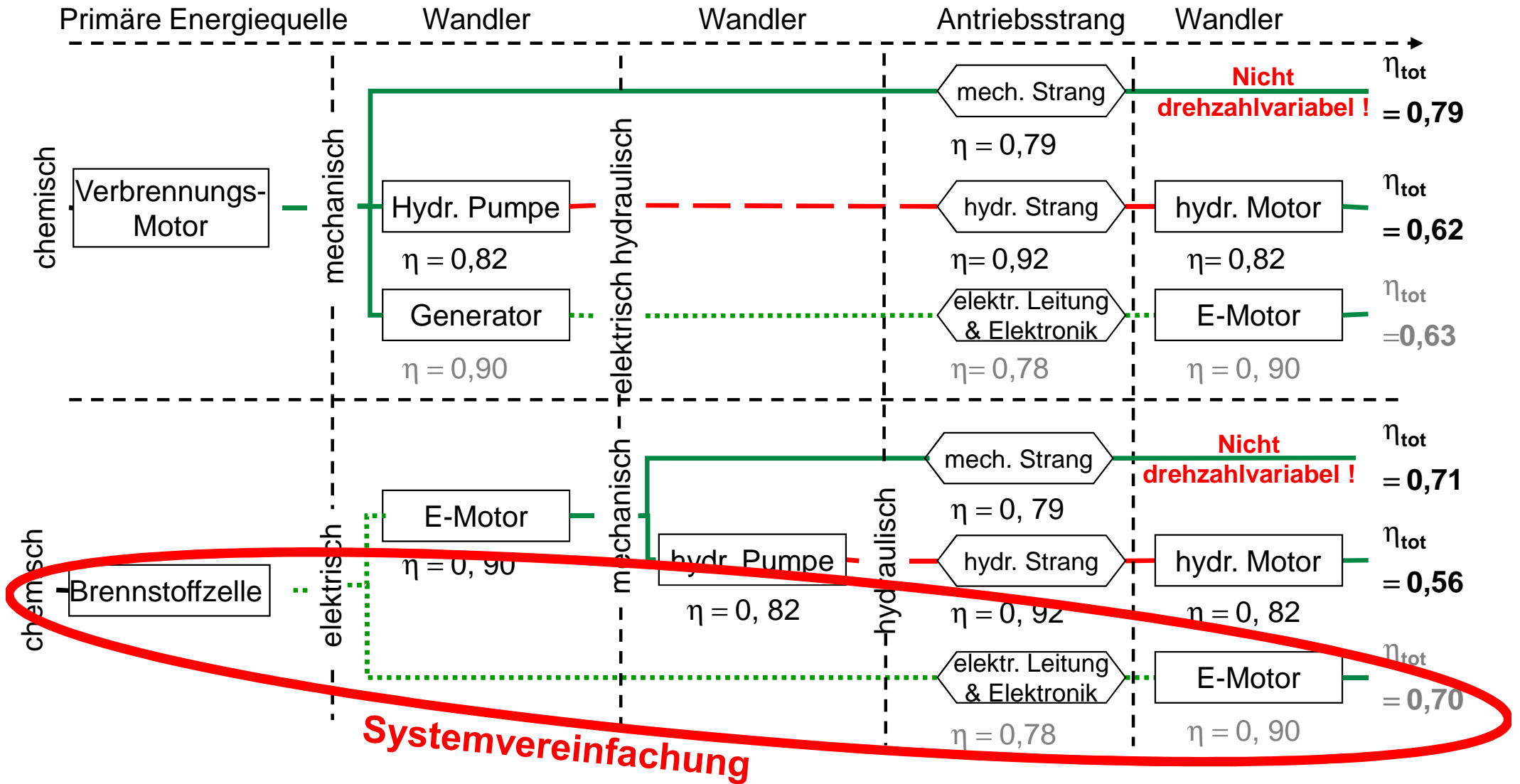


# Intelligente Landtechnik – Traktoren im Wandel = 4 Linien



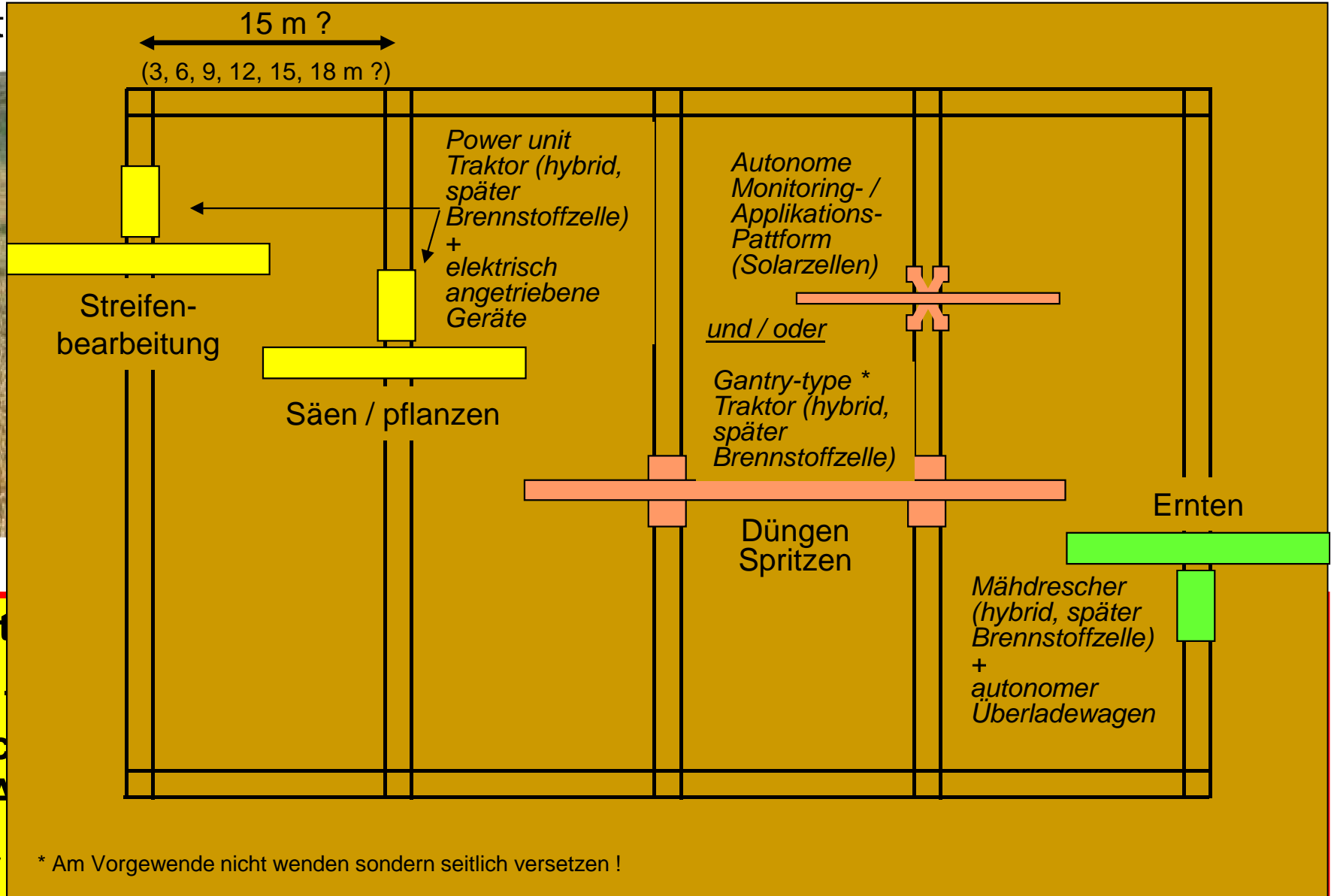
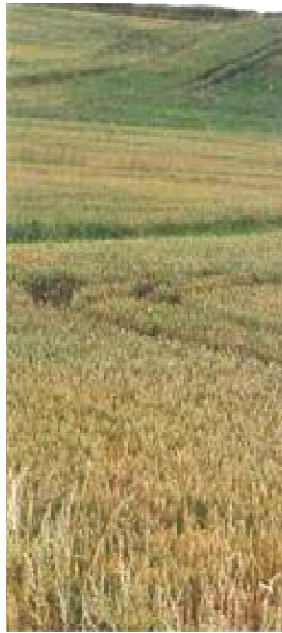
Auernhammer, H., Demmel, M. 2010

# Antriebsstrukturen heute - Potenziale



# Fahrspuren → Controlled Traffic im 3. Jahrtausend

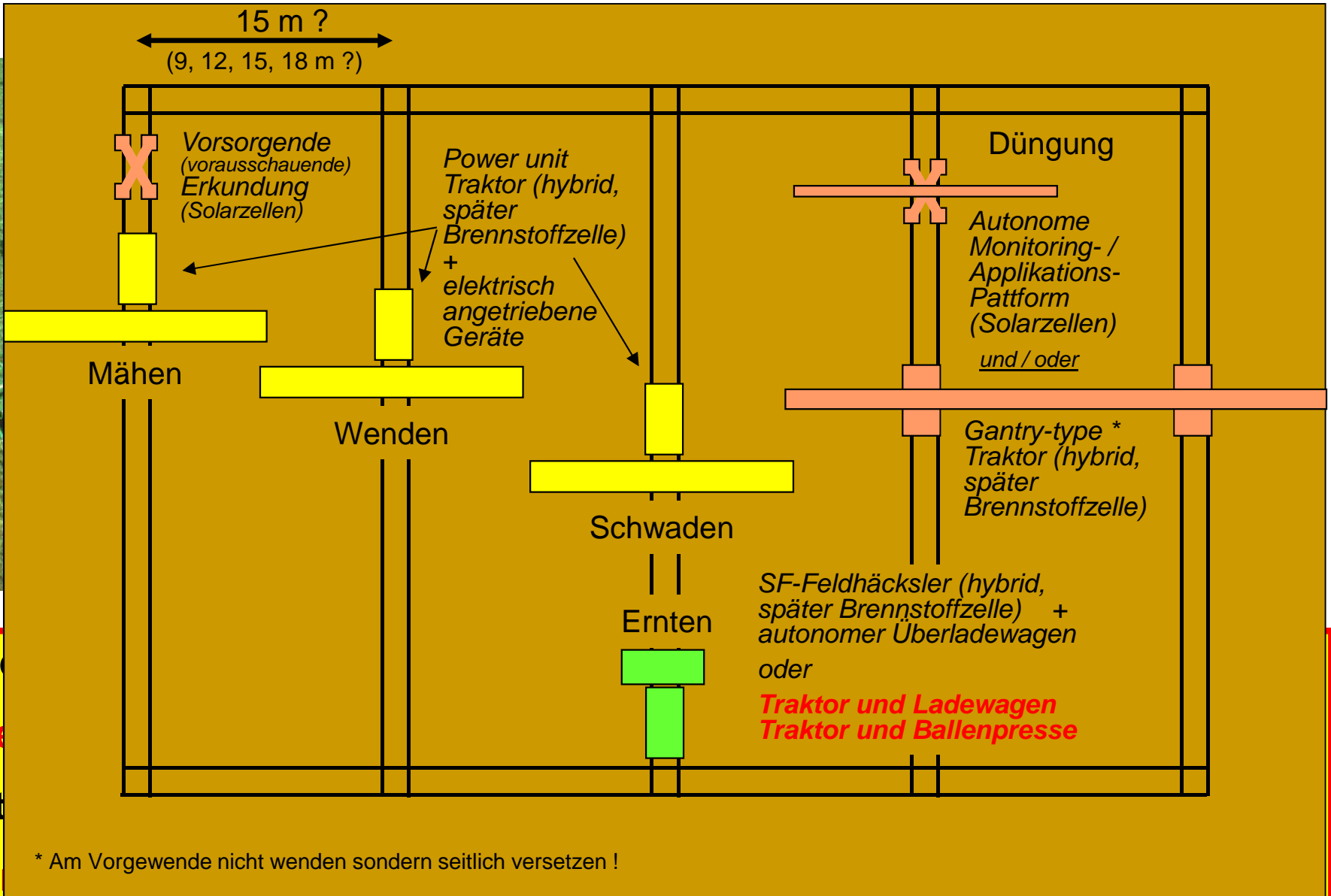
Bewirtschaftung



- Landwirt
- Genutzt zusätzlich mit der A
- Weniger
- Keine signifikante Ertragsreduzierung

## Fahrspuren auch im Grünland ? → Sogar noch einfacher !

# Bewirtschaftung

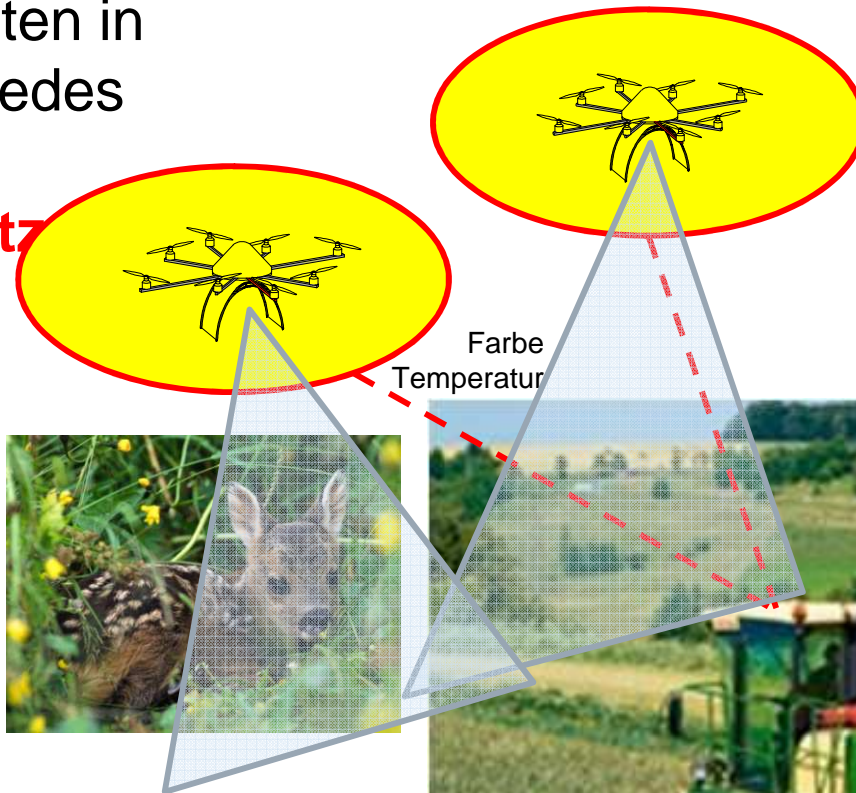


- Bei Bodenverfestigung durch Walzen
  - Bodenverfestigung durch Walzen
  - Applikation von Düngemitteln
  - Überfahren
- 
- oder  
Traktor und Bal...
- \* Am Vorgewende nicht wenden sondern seitlich versetzen !
- Auch die „rustikale Kreiseltechnik“ immer noch akzeptiert



# Großgeräte mit autonomen Satelliten – die Herausforderung

Alle **Mähwerke** (am Traktor angebaut und selbstfahrend) töten in Deutschland jedes Jahr mehr als **90.000 Rehkitz** (Duckreflex)



Autonome Satelliten mit angepassten Sensoren an der “virtuellen Leine” erkennen und **informieren den Fahrer** oder **führen das Schneidwerk** (mit Schutzeinrichtung) **darüber** oder **stoppen das Mähfahrzeug !**

Heute 520 PS  
Arbeitsbreite 13,2 m  
und bis zu 14 km/h



- ✓ Ohne Zweifel hat die Betriebsführung einen enorm hohen Stand erreicht.
- ✓ Ohne Zweifel kann unsere moderne Agrartechnik Produktion auf höchstem Niveau sicherstellen und den Umweltschutz gewährleisten.

## **Aber viele Potentiale einer CO<sub>2</sub>-Reduktion sind (noch) ungenutzt:**

- Die Nährstoffbilanzen der mineralische Düngung sind unbefriedigend und können bei zunehmenden Arbeitsbreiten mit verfügbarer Technik nicht ausgeglichen werden.
- Auch im Pflanzenschutz kann die verfügbare Technik die pflanzenbedarfsgerechte Applikation nicht gewährleisten.
- Technik innerhalb der Fruchtfolge muss eine dauerhafte Bodenbedeckung mit Aufnahme des mineralisierten Stickstoffs garantieren (CO<sub>2</sub> Senke)
- Bestell- und Pflegesysteme erfordern eine antreibende Technik .
- Die Automatisierung und Robotisierung muss sich an den damit realisierbaren Möglichkeiten und Grenzen orientieren.
- Neue Ansätze sind in der Bewirtschaftung „nichtlinearer“ Feldstrukturen zu entwickeln.



# Agrarwirtschaft

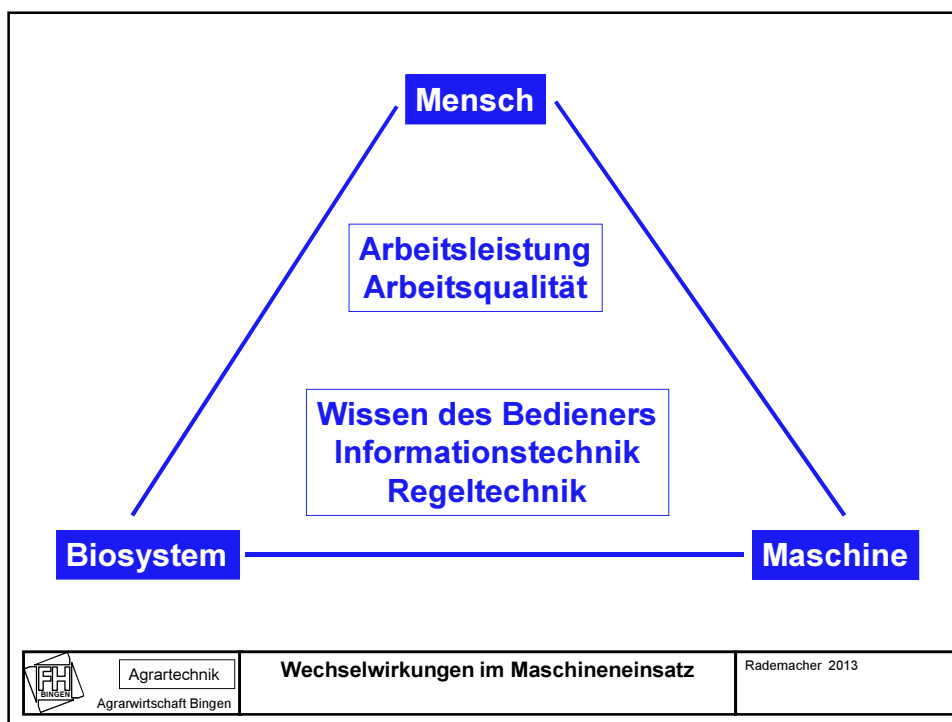


Prof. Dr. agr. Thomas Rademacher

## **Einflussfaktor Mensch - Ausbildung für den effizienten Maschineneinsatz**

**Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge  
Technische Universität Braunschweig  
12. und 13. März 2013**

TR13 FHBingen





**Probleme:****1. Fahrerkenntnisse:**

- **Motorkennfeld – Traktor und selbstfahrende Erntemaschine**
- **Einstellmöglichkeiten an selbstfahrenden Erntemaschinen**
- **Kausalzusammenhänge zwischen den Einstellungen der verschiedenen Baugruppen einer selbstfahrenden Erntemaschine**
- **Probleme werden nicht erkannt**

**2. Definition von „Effizienz/Wirkungsgrad“ physikalisch eindeutig, jedoch schwierig auf ein komplexes landwirtschaftliches Arbeitsverfahren übertragbar**

**Ziele:**

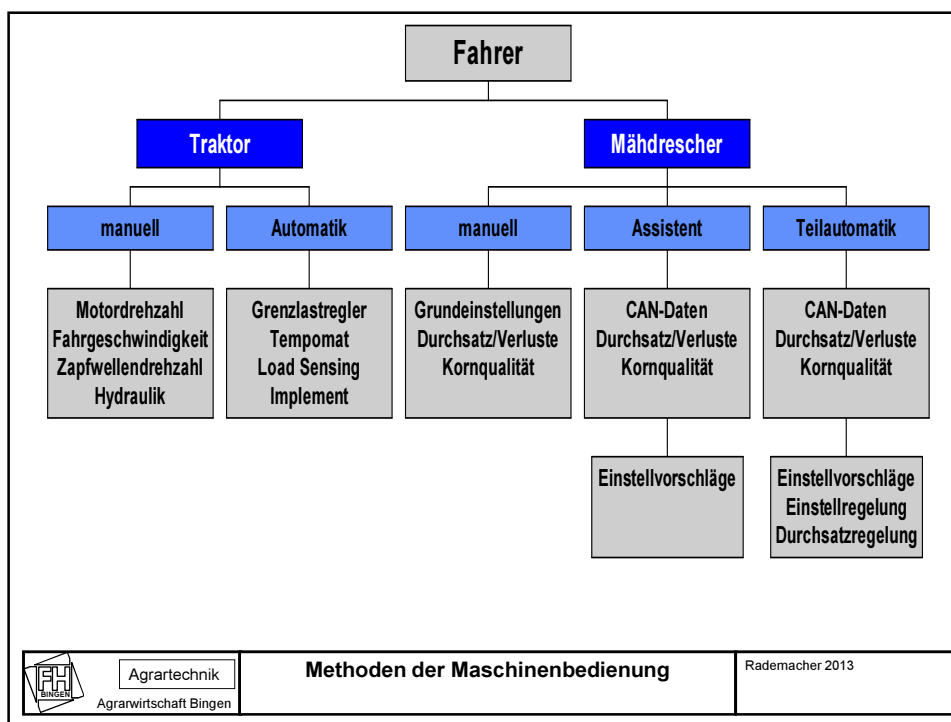
- **Maximierung des Wirkungsgrades eines Traktors oder einer selbstfahrenden Erntemaschine**
- **Maximierung des Wirkungsgrades eines Verfahrens**



Agrartechnik  
Agrarwirtschaft Bingen

**Einflussfaktor Mensch  
– Probleme und Ziele**

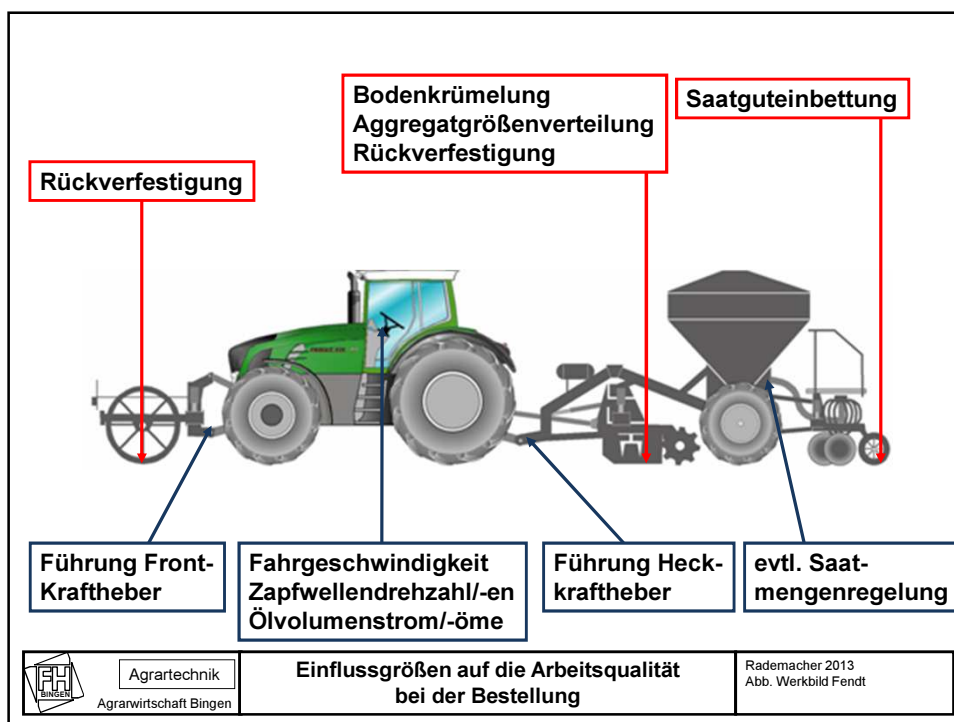
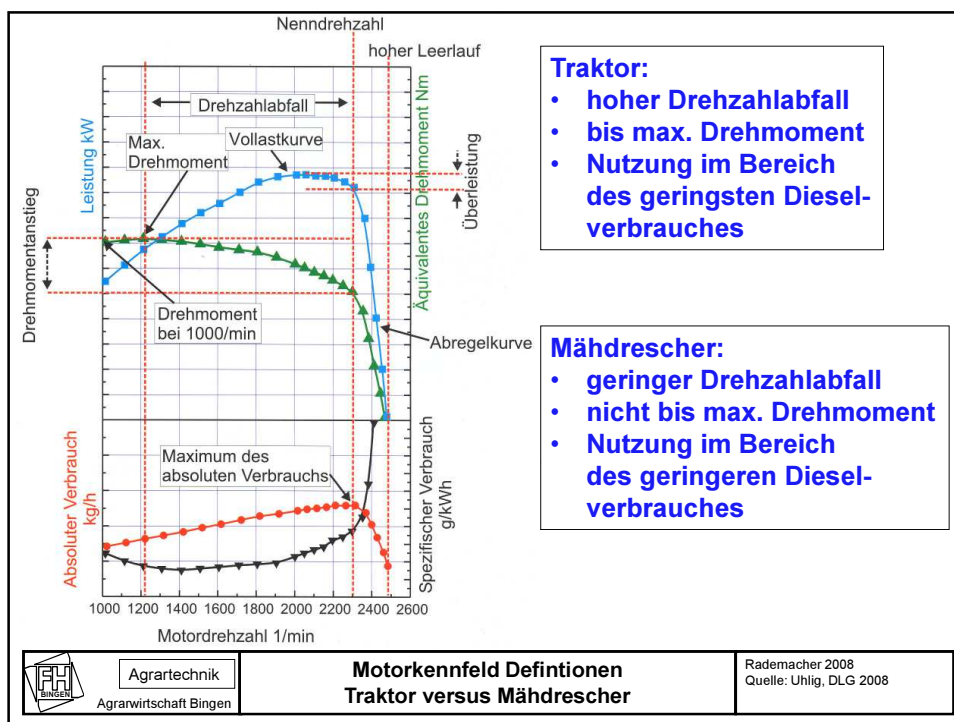
Rademacher 2013

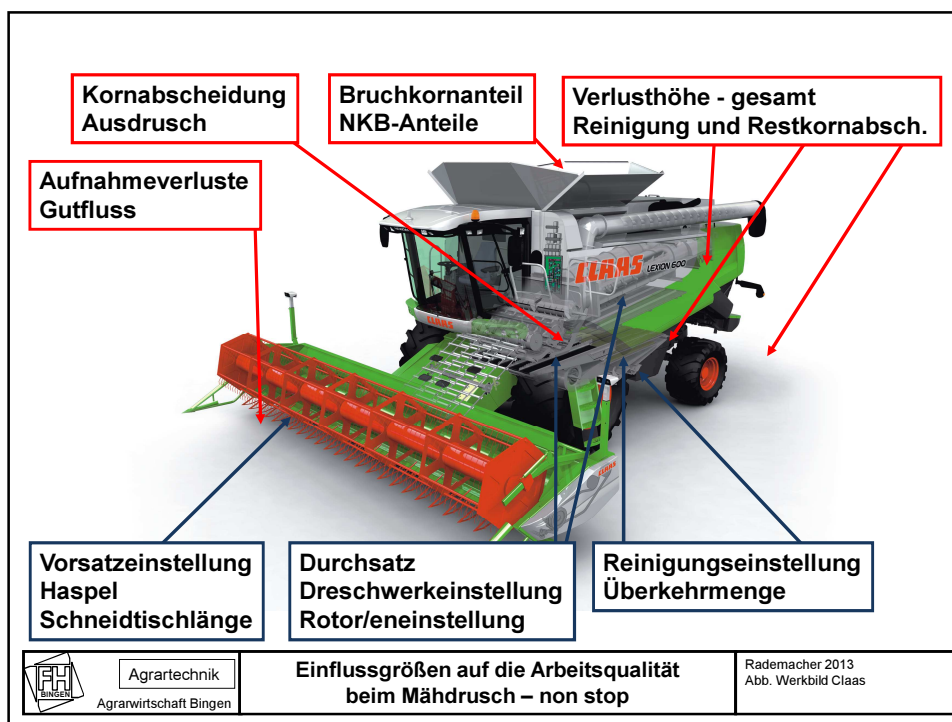


Agrartechnik  
Agrarwirtschaft Bingen

**Methoden der Maschinenbedienung**

Rademacher 2013





**Es wird anhand einiger Beispiele aus Versuchen zur Optimierung von Arbeitsleistung und Arbeitsqualität an Hybrid-Mähdreschern aus den Jahren 2009 bis 2012 gezeigt, welchen Einfluss eine veränderte Mähdreschereinstellung und ein veränderter Durchsatz auf die Motorauslastung und die Motordrehzahl haben. Gezeigt werden:**

- Gesamtverluste und NKB-Durchsatz sowie Motorauslastung über der Schneidtschlänge;
- rel. Verluste, Ertrag, Motorauslastung und Motorauslastung über rel. Korndurchsatz;
- Motordrehzahl, Motorauslastung und Ertrag über der Druschintensität; bei manueller, assistenzgestützter und teilautomatischer Optimierung der Einstellung verschiedener Baugruppen des Mähdreschers

**• Fahrer optimierte ohne Zielvorgaben nach eigenem Ermessen**

- 10 Optimierungen im Zeitraum von fast 2 Stunden vor dem Versuch - homogener Bestand
- MD wurde im Bereich 80 – 90 % rel. Korndurchsatz gefahren

**=> Optimierung der Einstellungen = indirekte Optimierung des Kraftstoffverbrauches**

**Footer:**


	<b>Beschreibung der Ergebnisse</b>	Rademacher 2013
--	------------------------------------	-----------------

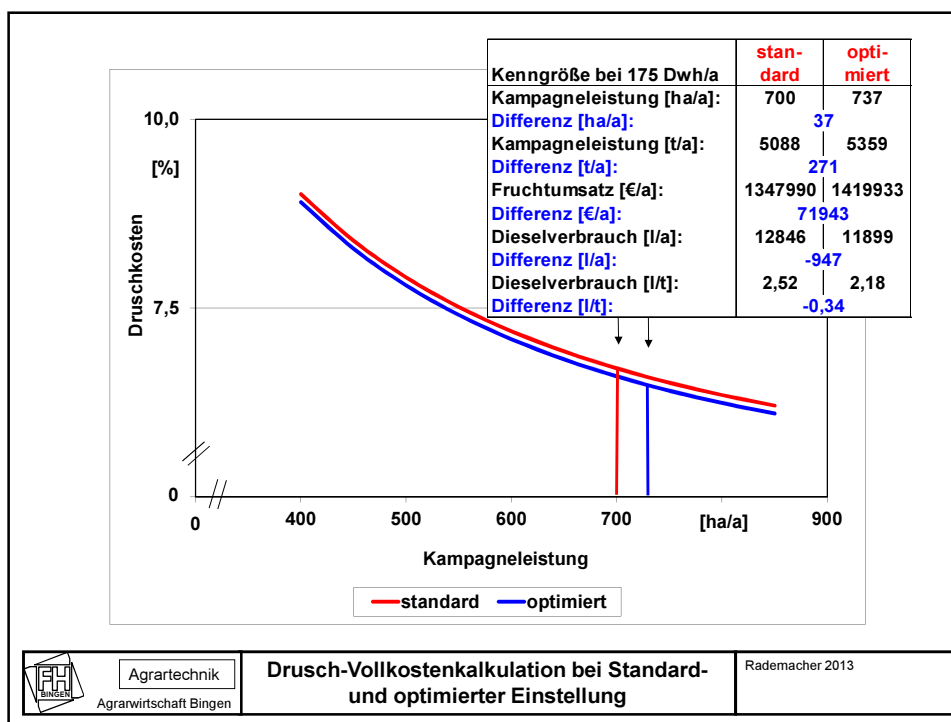
Früchte, Anteile, Erträge, Preise			
Flächenanteile:	[%]	[t/ha]	[€/t]
Weizen	50	9	230
Gerste	8,3	8	180
Roggen	8,3	9	180
Raps	33,3	4,5	450
Summe/Mittelw.	100	7,42	265

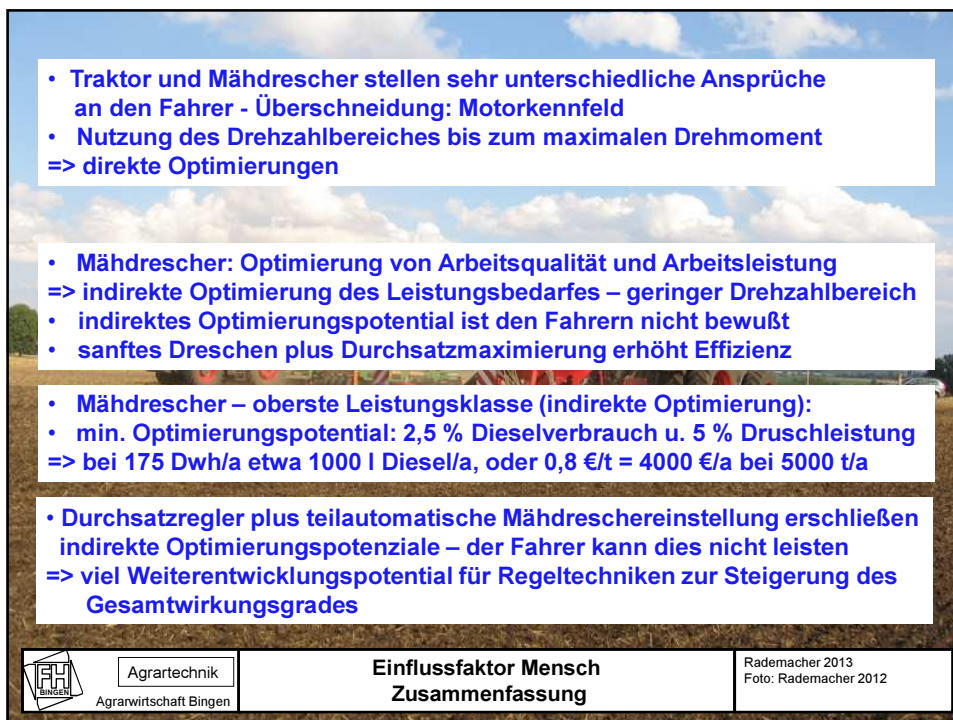
Kenngröße	stan- dard	opti- miert
Anschaffungspreis (A) [€]:	410000	
Wiederverkaufsprozentsatz bei min. Auslastung [%]:	40	
max. Nutzungsdauer (N) [a]:	8	
Kampagneleistung bei min. Auslastung [ha/a]:	400	
Zinssatz (i):	6	
Versicherung [€/a]:	511	
Reparaturkosten bei min. Auslastung [€/ha]:	12,00	
Dieserverbrauch [g/kWh]:	220	215
Motorleistung [kW]:	441	
Dieselpreis [€/l]:	1,20	
Schmierstoffe in % vom Diesel [%]:	1,0	
Kosten der eigenen Akh [€/h]:	30	
Ernteleistung [h/ha]:	0,25	0,24
Verlustniveau [%]:	1,0	
Händlerabzug [%]:	1,0	

	Agrartechnik Agrarwirtschaft Bingen	<b>Drusch-Vollkostenkalkulation - Vorgaben</b>	Rademacher 2013
---	--	--	-----------------








- Traktor und Mähdrescher stellen sehr unterschiedliche Ansprüche an den Fahrer - Überschneidung: Motorkennfeld
- Nutzung des Drehzahlbereiches bis zum maximalen Drehmoment  
=> direkte Optimierungen

- Mähdrescher: Optimierung von Arbeitsqualität und Arbeitsleistung  
=> indirekte Optimierung des Leistungsbedarfes – geringer Drehzahlbereich
- indirektes Optimierungspotential ist den Fahrern nicht bewußt
- sanftes Dreschen plus Durchsatzmaximierung erhöht Effizienz

- Mähdrescher – oberste Leistungsklasse (indirekte Optimierung):
- min. Optimierungspotential: 2,5 % Dieselverbrauch u. 5 % Druschleistung  
=> bei 175 Dwh/a etwa 1000 l Diesel/a, oder 0,8 €/t = 4000 €/a bei 5000 t/a

- Durchsatzregler plus teilautomatische Mähdreschereinstellung erschließen indirekte Optimierungspotenziale – der Fahrer kann dies nicht leisten  
=> viel Weiterentwicklungspotential für Regeltechniken zur Steigerung des Gesamtwirkungsgrades

	Agrartechnik Agrarwirtschaft Bingen	<b>Einflussfaktor Mensch</b> Zusammenfassung	Rademacher 2013 Foto: Rademacher 2012
---	--	---	--



Klimaschutz

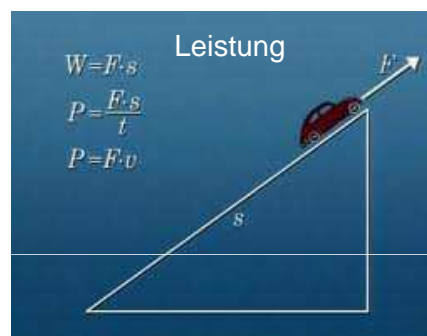
CO<sub>2</sub> – Strategie der Landtechnikindustrie

6.3.2013 Dr. Eberhard Nacke

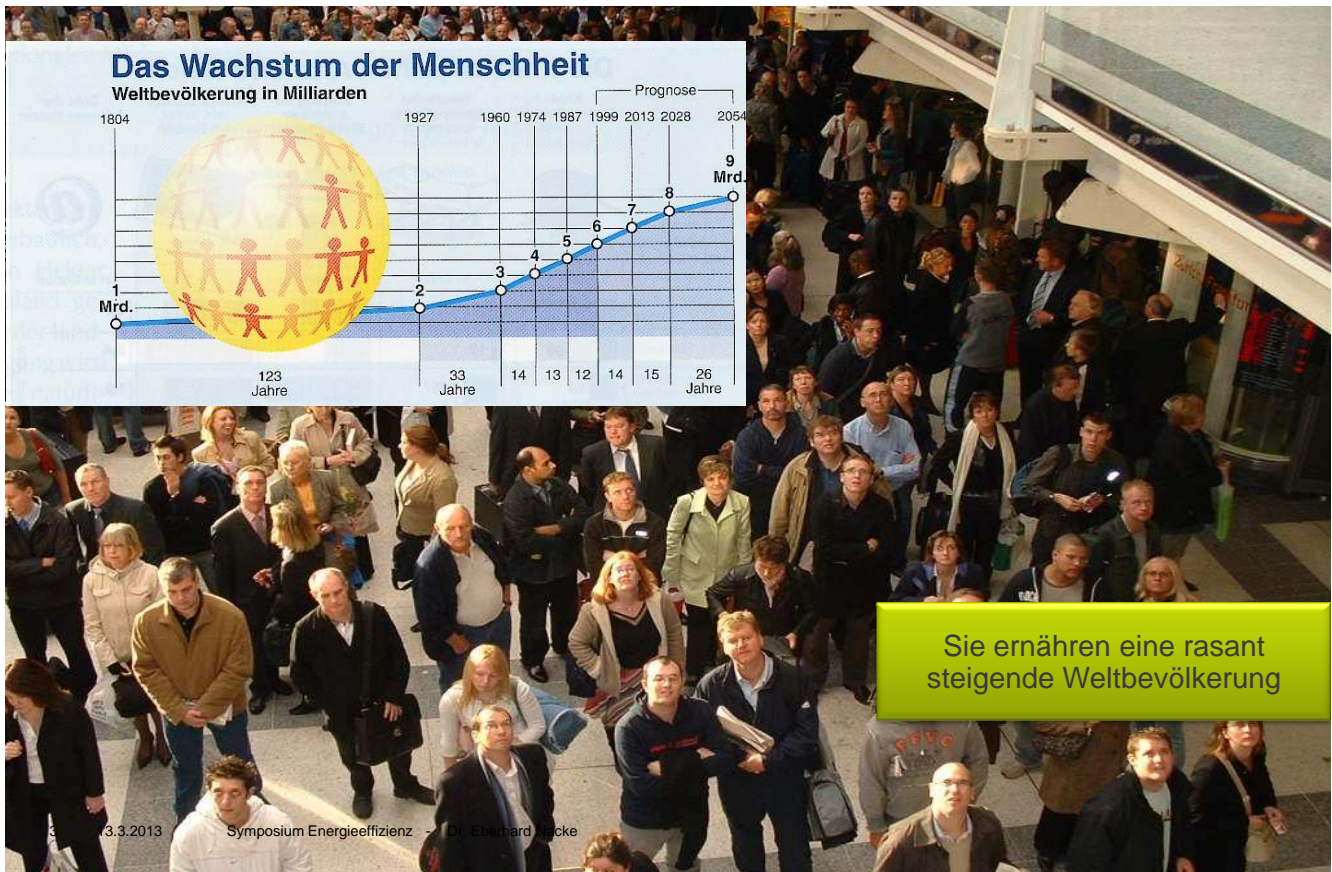


Landwirtschaft und Landtechnik sind zu extremen Leistungen fähig

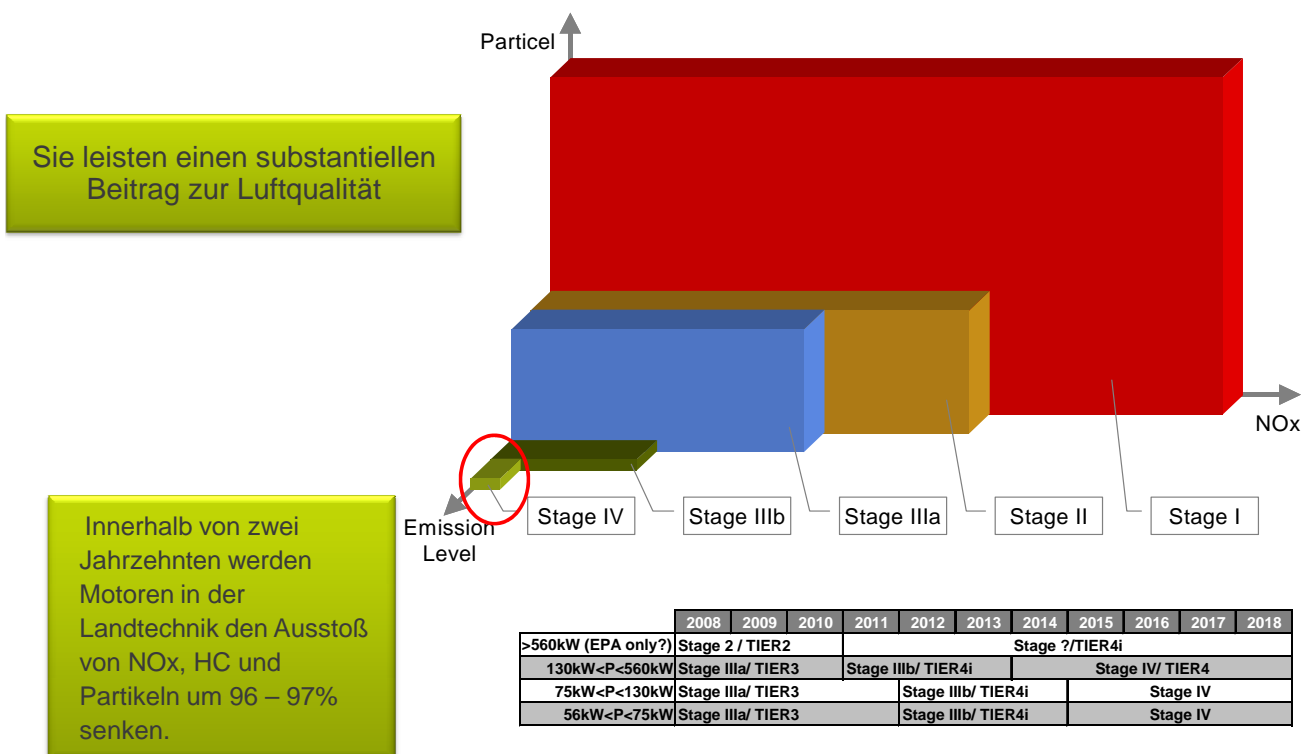
---



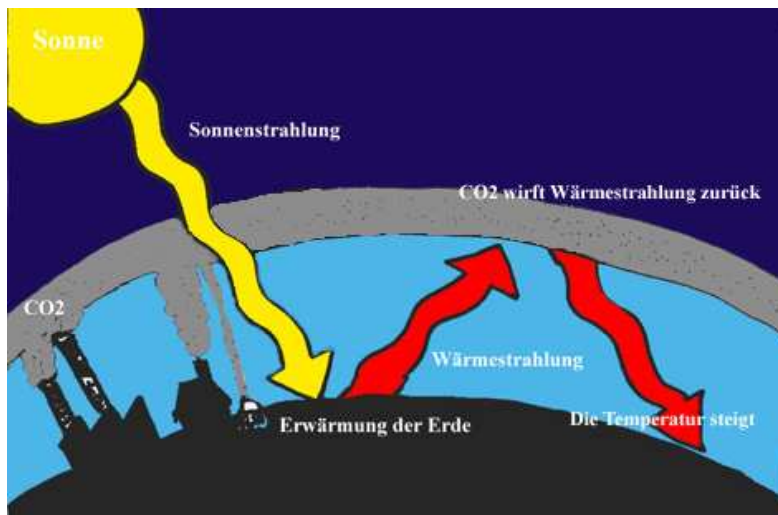
## Landwirtschaft und Landtechnik sind zu extremen Leistungen fähig



## Landwirtschaft und Landtechnik sind zu extremen Leistungen fähig





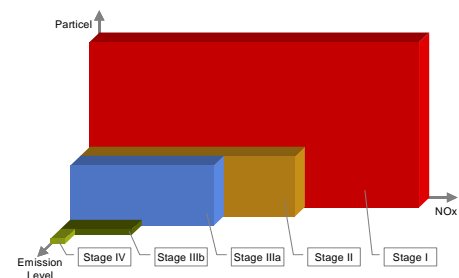


- ✓ Mit diesen von der EU-Kommission und der amerikanischen EPA initiierten Abgasnormen verbessern wir die Luftqualität...
- ✓ ...die Herausforderung Klimawandel steht nicht auf der Agenda ...noch nicht

5 |



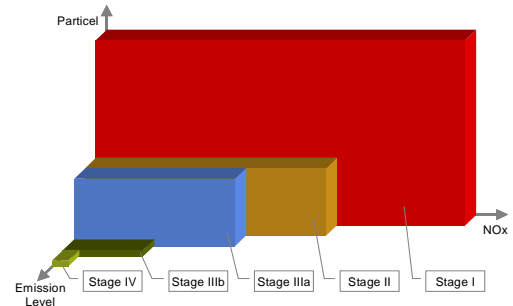
## Gesetze und Normen können Zielkonflikte auslösen



- Motorabmessungen
- Kühlung
- Abgasanlage
- 2. Tanksystem
- Motorsteuerung
- Diagnose
- Anzeige
- Verkleidung
- Gewichte und Achsen
- ...

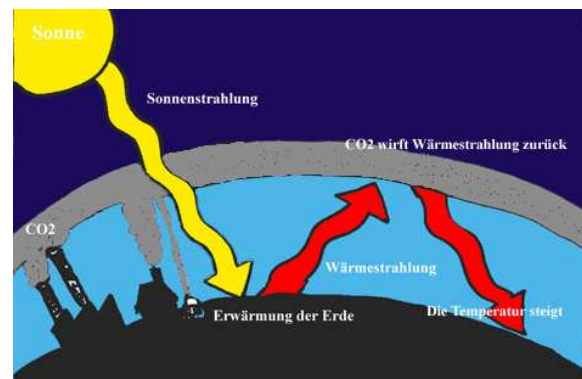
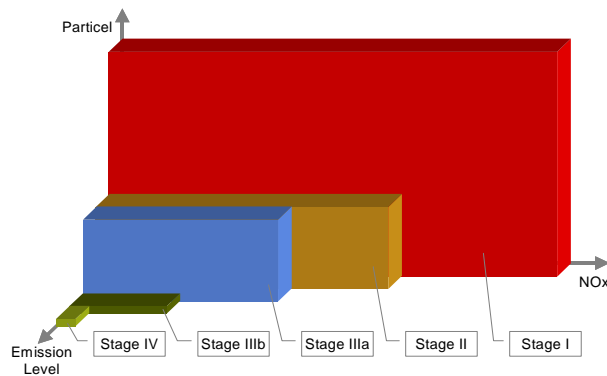


## Luftqualität - Gesetze und Normen haben Konsequenzen



- ✓ Die heutige Gesetzgebung bindet in erheblichem Maße Entwicklungsressourcen
- ✓ Ressourcenbindung durch Konzentration auf Motoraufbauten incl. der erforderlichen Peripherie verhindert Innovationen, die u.a. auch der Klimagas-effizienz dienen.

## Luftqualität bleibt - Klimaschutz kommt hinzu



Es ist zu erwarten, dass sich die Diskussion um eine mögliche Fortschreibung der Abgasrichtlinien sowohl in Europa als auch in Amerika auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß konzentrieren wird.

## Die Herausforderung

Die bestehenden Richtlinien zur Abgasreduzierung sind nicht auf die Reduzierung schädlicher Klimagase ausgerichtet



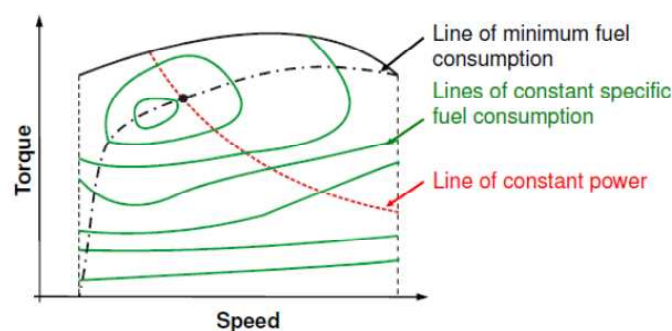
## Die Lösung??

In Ergänzung zu Euromot 1 – 4 werden für den Zeitraum nach 2016 neue Motorenrichtlinien gesetzlich verankert, die sich nicht mehr auf Partikel + NOx beziehen, sondern auf den Ausstoss von Klimagasen

## CO<sub>2</sub> - Effizienz

- ✓ Zweifellos kann die Motorenindustrie durch weitere Optimierung die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter verringern
- ✓ Nach fast 2 Jahrzehnten Optimierung dürften der Aufwand und die resultierenden Mehrkosten jedoch äußerst hoch sein
- ✓ ...und das Ergebnis eher marginal

$$\eta = \frac{\text{output power ( wheels and working function )}}{\text{fuel mass flow} \cdot \text{net calorific value}}$$





11-12 October 2011 – Autoworld, Brussels



# The Green Challenge, the Business Solution

for the agricultural and construction equipment industry

[www.cema-agri.org](http://www.cema-agri.org) [www.cece.eu](http://www.cece.eu)

Die europäischen Verbände der Land- und Baumaschinenindustrie bemühen sich in Brüssel um eine sachliche Diskussion

Lohnt der Aufwand eines neuen Gesetzeswerks für die Land- und Baumaschinenindustrie?

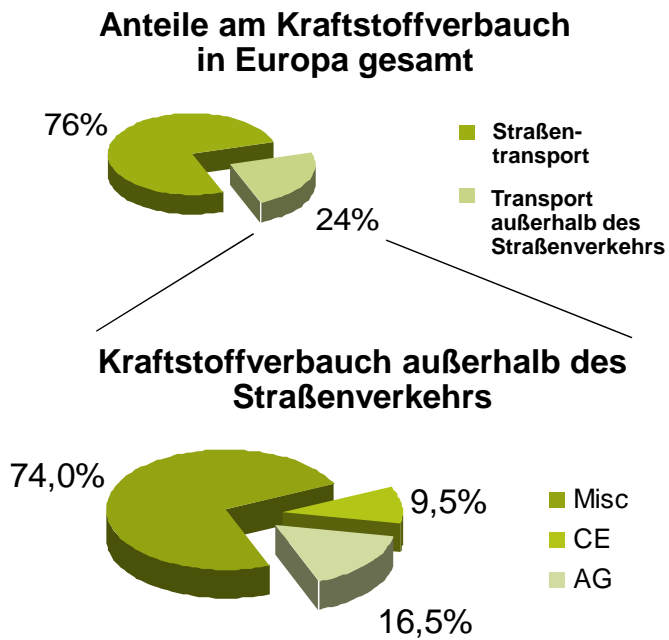
Ist es sinnvoll, CO<sub>2</sub>-Effizienz (nur) bei Motoren einzufordern?

Landwirtschaft und Landtechnik können einen substantiellen Beitrag zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten und andere gesellschaftliche Erwartungen erfüllen.

Voraussetzung ist jedoch, dass der Focus auf die Optimierung gesamter Prozessketten gelegt wird und nicht auf Motoren oder Einzelmaschinen

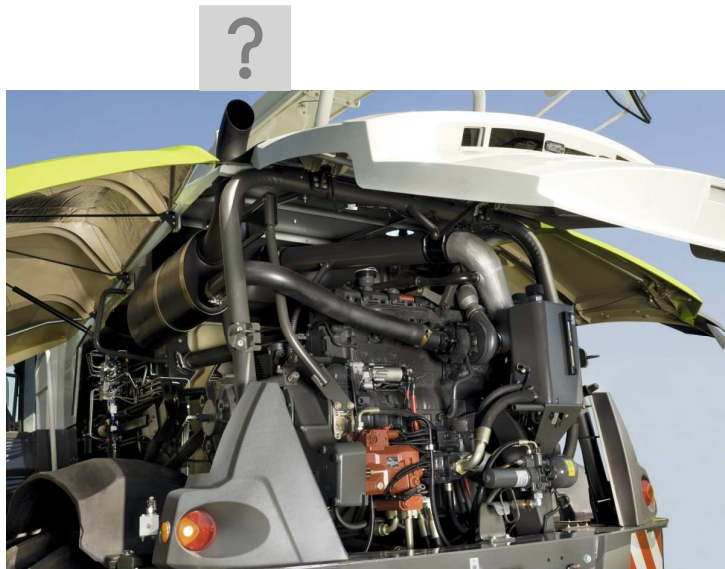


Baumaschinen und Landwirtschaftliche Maschinen sind mit 6-7% am Gesamt CO<sub>2</sub> Ausstoß im Bereich des Straßentransports beteiligt

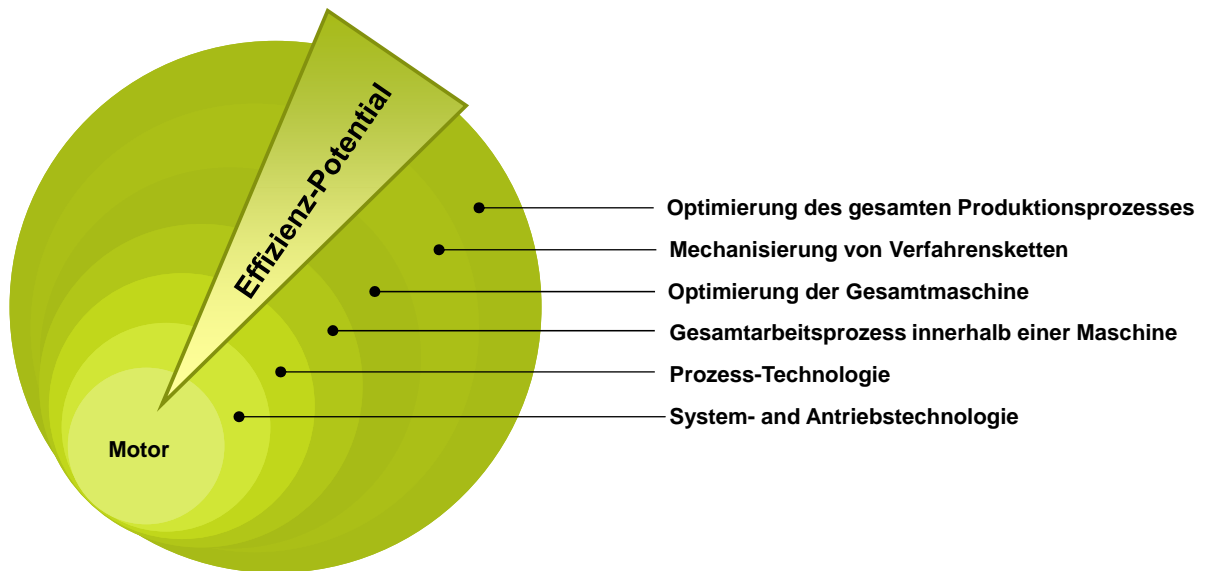


- Anteil des Kraftstoffverbrauchs ausserhalb des Straßenverkehrs in Europa (EU 27 – 2005) am Gesamtkraftstoffverbrauch beträgt 24%.
- Kraftstoffanteil Baumaschinen (CE) außerhalb des Straßenverkehrs (Non-road) 9 -10%.
- Kraftstoffanteil Landwirtschaftliche Maschinen (AG) außerhalb des Straßenverkehrs (Non-road) ca. 16%.
- **Baumaschinen ~2,3%** Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch.
- **Agrartechnik ~3,9%** Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch.

Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen = Motor-Emissionen minimieren?



- Kugellager?
- Getriebe?
- Antriebsstrang?
- Messerschärfe?
- Corn Cracker-Effizienz?
- Schneidwerk?
- Bereifung?



### Process-Effizienz und CO<sub>2</sub> Emissionen

Man kann  
Erntemaschinen  
mit deutlich  
niedrigerem CO<sub>2</sub>-  
Ausstoß  
konstruieren,...





- **Traktoren emittieren CO<sub>2</sub>**
  - Ursächlich ist jedoch das Arbeitsgerät hinter dem Traktor, bzw. die **Traktor-Geräte-Kombination**

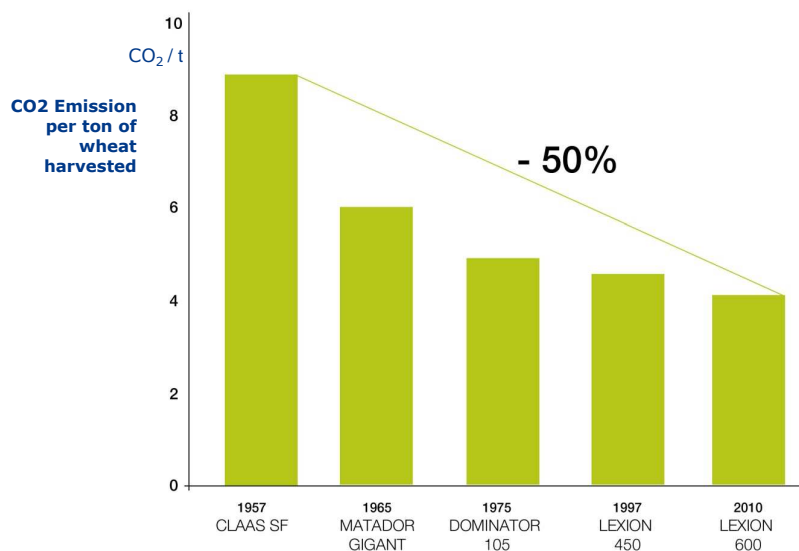


**Alle Komponenten einer Mechanisierungskette sind relevant - nicht allein motortragende Maschinen**



## Was können wir erreichen?

### Entwicklung der CO<sub>2</sub> Emissionen von Mähdreschern



## Fazit

---

- **Heute 30% - 60% des F&E Budgets für Umsetzung von Abgasrichtlinien**
  - Zwang zur Optimierung einer Einzelkomponente schränkt den Handlungsspielraum erheblich ein
  - Innovationsstau, der technischen Fortschritt begrenzt - auch in der CO<sub>2</sub>-Effizienz.
- **EUROMOT I – IV reduziert nicht die CO<sub>2</sub> Emissionen.**
- **Gefahr einer weiterhin einseitigen Bindung von F&E-Ressourcen durch EUROMOT VI, VII, VIII, ...**

## Strategie CECE / CEMA

---

- **EUROMOT VI,VII,VIII,... sind aus Sicht der Land- und Baumaschinenindustrie unbedingt zu vermeiden**
  - Entwicklungsressourcen werden einseitig gebunden
  - Fehlallokationen
  - Effizienzfortschritte werden verhindert
  - Wettbewerb wird beschränkt
- **Es bestehen Chancen zur Gestaltung**





### ➤ Landwirtschaft und Glühbirnen sind nicht das Gleiche



- ✓ Auch der Vorschlag, im Rahmen von OECD-Prüfungen eine Kategorisierung von Traktoren nach Energieeffizienzklassen vorzunehmen, ist aus Sicht der Landmaschinenindustrie nicht zielführend und untauglich

## Prämissen einer gemeinsamen CO<sub>2</sub>-Strategie

- CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential bei Motoren begrenzt
- Potential liegt in der Optimierung gesamter Prozessketten
- CO<sub>2</sub>-Emissionen der Glieder einer Prozesskette bedingen sich gegenseitig.
- Eine Beurteilung der CO<sub>2</sub>-Effizienz von **Einzelmaschinen** ist nicht sinnvoll möglich, sondern nur eine Beurteilung der CO<sub>2</sub>-Effizienz **gesamter Verfahrensketten**.
- Es kann und wird zu Zielkonflikten kommen zwischen CO<sub>2</sub>-Emissionsvermeidung und einer Vermeidung anderer gesellschaftlich relevanter Effekte (z.B. chemischer Pflanzenschutz vs. mechanischer Pflanzenschutz). Die Konflikte sind aufzuzeigen und entsprechend zu bewerten
- Land- und Baumaschinen werden **ergebnisorientiert** eingesetzt. Jegliche Beurteilung der CO<sub>2</sub>-Effizienz kann nur ergebnisbezogen erfolgen, d.h. einheitlicher **Maßstab** in der Landwirtschaft kann daher ausschließlich die **CO<sub>2</sub>-Emission pro Tonne Getreideeinheit** sein.

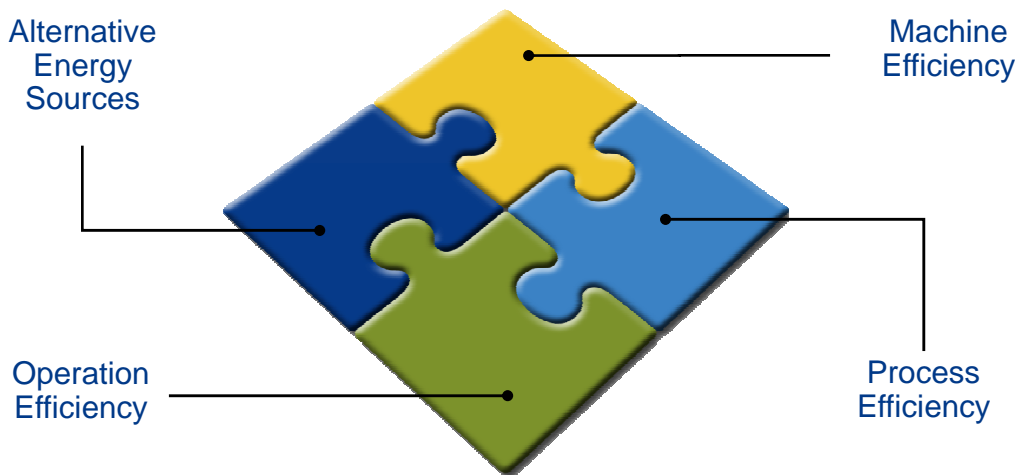


- Die Landtechnik- und Baumaschinenindustrie ist dem Ziel einer Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen verpflichtet und ist bereit, Verantwortung zu übernehmen.
- Auf Grund der Abhängigkeiten der Glieder einer Prozesskette ist eine sinnvolle Beurteilung der Einzelmaschineneffizienz nicht möglich. Ebenso ist auf Grund der besonderen Bedingungen der Landbewirtschaftung in unterschiedlichen Boden- und Klimazonen eine Beurteilung der CO<sub>2</sub>-Effizienz von Maschinen ohne Betrachtung des Einsatzumfeldes und des erzielten Produktionsergebnisses unsinnig.
- In Kenntnis dieser Zusammenhänge geht die Landtechnik- und Baumaschinenindustrie eine freiwillige Selbstverpflichtung ein, die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis 2008 bis 2030 um einen Betrag von x% zu reduzieren (zu definieren). Die Politik verzichtet im Gegenzug auf eine gesetzliche Regelung, so lange der anteilige Fortschritt zur Erreichung des Langfristziels nachgewiesen wird.
- Der Grad der Zielerreichung wird der EU-Kommission in regelmäßigen Abständen (z.B. 4 Jahre) durch ein unabhängiges, internationales Expertengremium in einem Fortschrittsbericht dokumentiert.

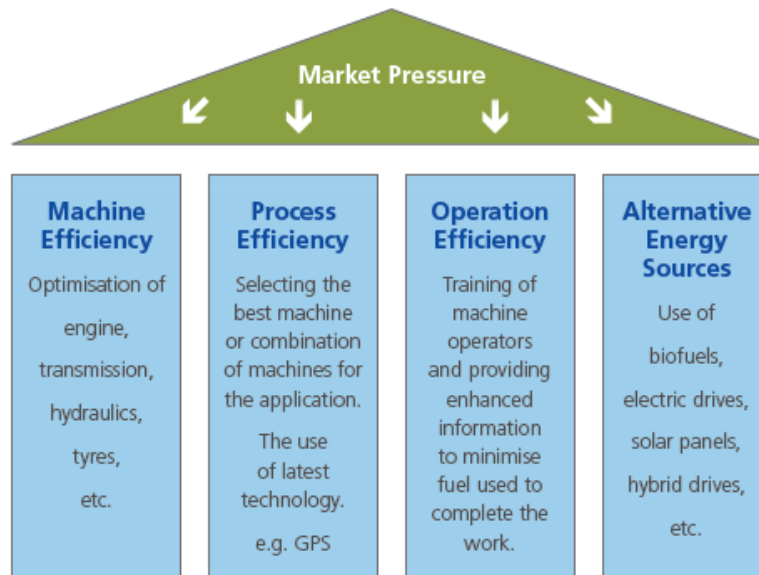
## Strategie CECE/CEMA:

Marktgetriebener Ansatz statt einseitige Festschreibung durch die Politik

Freiwillige Selbstverpflichtung der Industrie, basierend auf 4 Handlungsfeldern



Freiwillige Selbstverpflichtung der Industrie, basierend auf 4 Handlungsfeldern



## Strategie CECE/CEMA

- ✓ Modellbasierter Ansatz
- ✓ Erarbeitung in enger Abstimmung und mit Unterstützung von Fachverbänden, Agrarinstitutionen und Wissenschaft





Entscheidend ist, wie die Gesellschaft unser Prozessergebnis beurteilt

- ✓ Wir leben in einer Informationsgesellschaft
- ✓ Nur Transparenz führt zu nachhaltigem Erfolg

